

M.^r Lemaire
Membre de l'Institut
Hommage des auteurs
P. Curie

LES
NOUVELLES SUBSTANCES RADIOACTIVES

ET LES
RAYONS QU'ELLES ÉMETTENT,

PAR P. CURIE ET M^{me} CURIE.

Rapport présenté au Congrès international de Physique,
réuni à Paris en 1900,
sous les auspices de la Société française de Physique.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1900

Revue Sciences 20 Sept 1900

nium, bien que leur spectre soit encore inconnu et qu'ils ne soient peut-être contenus dans les mélanges actifs qu'en proportion minime.

Sans doute, rien n'autorise à rejeter l'hypothèse que ces nouveaux corps simples résultent de l'action de forces spéciales sur d'autres corps simples; cette hypothèse, qui serait à examiner, peut, du reste, être faite pour tous les autres éléments, car leur origine ne nous est pas moins inconnue. Quoi qu'il en puisse être, les nouveaux corps dont nous venons de parler sont, au même titre que ces derniers, des éléments.

Subsistent aussi les deux hypothèses imaginées pour expliquer le rayonnement constant de ces élé-

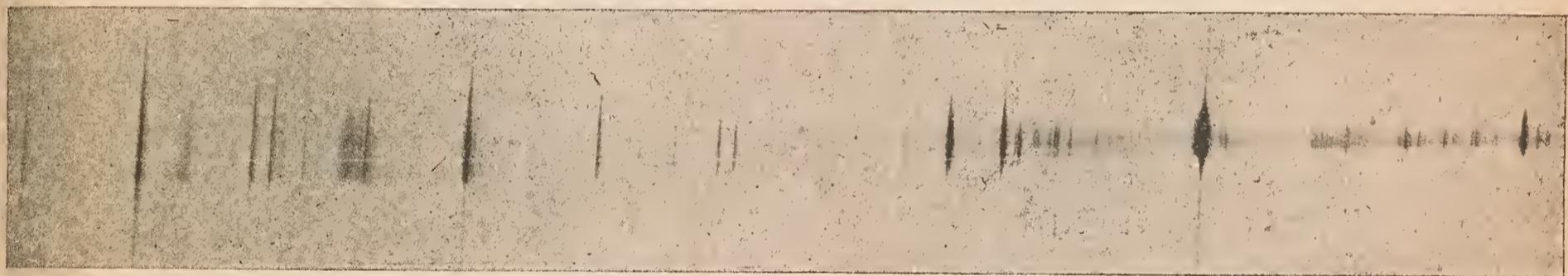
λ	FORCE
4.436,2	10
4.340,7	15
3.814,7	16
3.649,6	11

Dans cette échelle de force, le maximum est 16 et le minimum est 1.

Outre ces raies, qui sont toutes fortes et caractéristiques, sauf les deux bandes nébuleuses, on en remarque plusieurs petites, que je ne mentionne pas ici et qui n'appartiennent qu'avec doute au Radium.

Dans le spectre visible proprement dit, compris entre $\lambda = 5.000$ et $\lambda = 7.000$, je n'ai remarqué

...4.554,4 BARYUM 4.130,8 3.892,0



4.826,5... 4.683,2... 4.627,5... 4.533,5... 4.463,5... 4.436,1... 4.340,8... RADIUM 3.814,7... 3.649,5...

Fig. 1. — Spectre d'un échantillon de chlorure de radium préparé par M^{me} Curie. — Les raies sans attribution d'origine sont dues au platine, au calcium, quelques-unes des plus faibles, peut-être au radium. Diverses petites raies fines, — très nettes sur le cliché négatif sur verre, quoique faiblement accusées, — n'ont pu être reproduites en photogravure avec une intensité suffisante pour que la présente image puisse être considérée comme représentant exactement et en tout point la photographie originale. Le seul intérêt de cette figure est de montrer la position des raies principales du radium.

ments: l'une en fait des corps en état de décomposition, formés endothermiquement de particules matérielles très petites par rapport aux atomes; l'autre suppose le principe de Carnot inapplicable à ces atomes particuliers. Ces hypothèses sont invérifiées jusqu'ici; et, d'après les calculs de M. Curie, la première est invérifiable.

Tel qu'il résulte des dernières constatations, le spectre du Radium (fig. 1) se composerait, entre $\lambda = 5.000$ et $\lambda = 3.500$, des 9 raies suivantes :

λ	FORCE
4.826,2	9
4.682,9	15
4.627,5	5 maximum d'une petite bande nébuleuse dégradée vers le rouge.
4.533,4	11
4.455,2	5 maximum d'une petite bande nébuleuse dégradée vers le violet.

qu'une raie 566,5 (environ) qui puisse être attribuée au Radium. Elle n'est, d'ailleurs, que d'intensité médiocre et très inférieure à 4.826,2 comme éclat.

Les deux bandes nébuleuses ci-dessus mentionnées sont très intéressantes en ce qu'elles rapprochent le radium des métaux alcalins terreux, dont il est si voisin tant par ses caractères chimiques que par l'aspect de ses raies et l'extrême sensibilité de sa réaction spectrale.

Dans le spectre ci-dessus (fig. 1), pris avec une solution chlorhydrique un peu trop diluée de chlorure de Radium, les spectres de l'air et du platine ont pris, par suite de cette circonstance, une importance notable. Le Baryum ne s'y voit plus que par ses trois plus fortes raies.

Eugène Demarçay,
Docteur ès Sciences.

LES
NOUVELLES SUBSTANCES RADIOACTIVES
ET LES
RAYONS QU'ELLES ÉMETTENT,

PAR P. CURIE ET M^{me} CURIE.

Rayons uraniques. — Les recherches sur les substances radioactives ont leur point de départ dans la découverte des rayons uraniques par M. Becquerel. L'émission de rayons particuliers par les composés d'urane et les propriétés de ces rayons ont été exposées par M. Becquerel dans son Rapport. Nous rappellerons donc seulement que les rayons uraniques ou *rayons de Becquerel* sont caractérisés par les propriétés suivantes : ils se propagent rectilignement ; ils agissent sur les plaques photographiques comme la lumière, mais à un degré extrêmement faible ; ils peuvent traverser des écrans de diverse nature, mais seulement sous très faible épaisseur ; ils ne sont ni réfléchis, ni réfractés, ni polarisés ; en traversant les gaz, ils les rendent faiblement conducteurs de l'électricité.

Le rayonnement uranique est spontané et constant ; il n'est entretenu par aucune cause excitatrice connue ; il semble insensible aux variations de température et d'éclairement.

Si l'on fait abstraction de l'origine inconnue du rayonnement uranique et si l'on n'en considère que les propriétés, on constate qu'il y a analogie entre les rayons uraniques d'une part, les rayons cathodiques et les rayons de Röntgen d'autre part ; il y a aussi

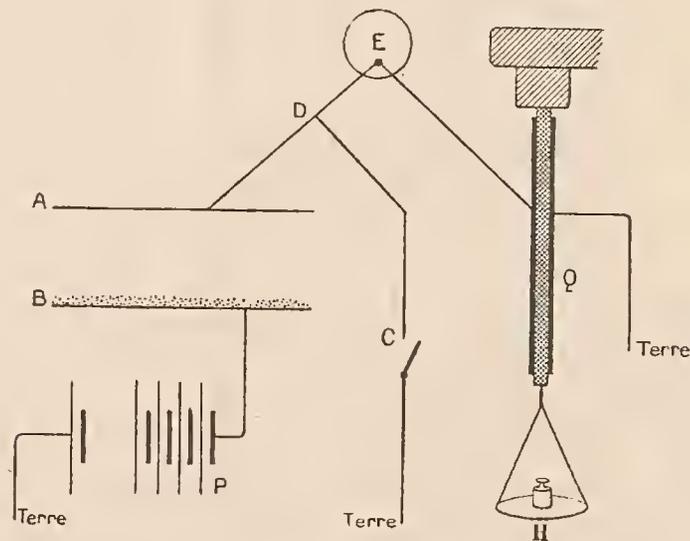
analogie avec les rayons secondaires produits par les métaux à forte masse atomique sous l'action des rayons de Röntgen.

Nous appellerons *radioactives* les substances qui émettent des rayons de Becquerel.

Méthode de mesure. — Pour étudier la radioactivité de diverses substances, nous employons la méthode électrique. On mesure la conductibilité acquise par l'air sous l'influence de la substance radioactive. Voici l'appareil qui sert à cet effet :

Un condensateur (*fig. 1*) se compose de deux plateaux A et B.

Fig. 1.



La substance active pulvérisée est étalée sur le plateau B; elle rend conducteur l'air entre les plateaux. Pour mesurer cette conductibilité, on porte le plateau B à un potentiel élevé en le reliant à l'un des pôles d'une pile d'un grand nombre d'éléments P dont l'autre pôle est à terre. Le plateau A étant maintenu au potentiel de la terre par le fil CD, un courant électrique s'établit entre les deux plateaux.

Le potentiel du plateau A est indiqué par un électromètre E. Si l'on interrompt en C la communication avec la terre, le plateau A se charge, et cette charge fait dévier l'électromètre. La vitesse de la déviation est proportionnelle à l'intensité du courant et peut servir à la mesurer. Mais il est préférable de faire cette mesure en compensant la charge que prend le plateau A de manière à maintenir l'électromètre au zéro. Les charges, dont il est question ici, sont extrêmement faibles; elles peuvent être com-

pensées au moyen d'un quartz piézoélectrique Q dont une armature est reliée au plateau A et l'autre armature est à la terre. On soumet la lame de quartz à une tension connue produite par des poids placés dans un plateau H; cette tension est établie progressivement et a pour effet de dégager progressivement une quantité d'électricité connue pendant un temps qu'on mesure. L'opération peut être réglée de telle manière qu'il y ait à chaque instant compensation entre la quantité d'électricité qui traverse le condensateur et celle de signe contraire que fournit le quartz (1). On peut ainsi mesurer en *valeur absolue* la quantité d'électricité qui traverse le condensateur pendant un temps donné, c'est-à-dire l'*intensité du courant*. La mesure est indépendante de la sensibilité de l'électromètre.

Radioactivité des composés d'urane. — En effectuant un certain nombre de mesures de ce genre on voit que la radioactivité des composés d'urane est un phénomène susceptible d'être mesuré avec une certaine précision. Elle varie peu avec la température, elle est à peine influencée par les oscillations de la température ambiante; elle n'est pas influencée par l'éclairement de la substance active, et elle ne semble pas subir de variation avec le temps. L'épaisseur de la couche de substance active employée a peu d'influence, pourvu que la couche soit continue et qu'elle ait une épaisseur supérieure à quelques dixièmes de millimètre.

L'étude de la conductibilité de l'air sous l'action des rayons de Becquerel a été faite par divers physiciens. Une étude très complète du sujet a été publiée par M. Rutherford; on en trouvera les résultats principaux dans le Rapport de M. Becquerel.

Pour un condensateur donné et une substance donnée, le courant augmente avec la différence de potentiel qui existe entre les plateaux, avec la pression du gaz qui remplit le condensateur, et avec la distance des plateaux (pourvu que cette distance ne soit pas trop grande par rapport au diamètre). Toutefois, pour de

(1) On arrive très facilement à ce résultat en soutenant le poids à la main et en ne le laissant peser que progressivement sur le plateau H, de manière à maintenir l'image de l'électromètre au zéro. Avec un peu d'habitude on prend très exactement le tour de main nécessaire pour réussir cette opération. Cette méthode de mesure des faibles courants a été décrite par M. J. Curie dans sa Thèse.

fortes différences de potentiel, le courant tend vers une valeur limite qui est pratiquement constante. C'est le *courant de saturation* ou *courant limite*. De même pour une certaine distance des plateaux assez grande, le courant limite ne varie plus guère avec cette distance. C'est le courant obtenu dans ces conditions qui a été pris comme mesure de la radioactivité dans nos recherches (le condensateur étant placé dans l'air à la pression atmosphérique).

Les lois de la conductibilité produite dans l'air par les rayons de Becquerel sont les mêmes que celles trouvées avec les rayons de Röntgen; le mécanisme du phénomène paraît être le même dans les deux cas. La théorie de l'ionisation de l'air par les rayons de Röntgen ou de Becquerel rend bien compte des faits observés. Dans cet ordre d'idées, le nombre d'ions produits par seconde dans le gaz est d'autant plus grand que le rayonnement absorbé par ce gaz est plus fort. Pour obtenir le courant limite, relatif à un rayonnement donné, il faut, d'une part, faire absorber intégralement ce rayonnement par le gaz, en employant une masse absorbante suffisante, et, d'autre part, utiliser pour la production du courant tous les ions produits, en établissant un champ électrique assez fort pour que le nombre d'ions qui se recombinent devienne une fraction insignifiante du nombre total des ions produits.

L'ordre de grandeur des courants que l'on obtient avec les composés d'urane est de 10^{-11} ampère pour un condensateur dont les plateaux avaient 8^{cm} de diamètre et 3^{cm} de distance.

Voici les nombres relatifs à divers composés d'urane; *i* désigne le courant en ampères :

	<i>i</i> . 10 ¹¹ .
Uranium métallique (contenant un peu de carbone)	2,3
Oxyde d'urane noir U ² O ³	2,6
Oxyde d'urane vert U ³ O ⁴	1,8
Acide uranique hydraté	0,6
Uranate de soude.	1,2
Uranate de potasse.	1,2
Uranate d'ammoniaque.	1,3
Sulfate uraneux.	0,7
Sulfate d'uranyle et potassium.	0,7
Azotate d'uranyle.	0,7
Phosphate de cuivre et d'uranyle.	0,9
Oxysulfure d'urane.	1,2

Substances radioactives. — Il était naturel de se demander si d'autres corps que les composés d'urane émettent des rayons de Becquerel. M. Schmidt examina à cet effet beaucoup de substances et trouva qu'il existe un autre groupe de corps radioactifs, à savoir les composés du thorium (1). L'un de nous a fait en même temps un travail analogue, dont les résultats ont été publiés quand nous ne connaissions pas encore le travail de M. Schmidt. Dans ce travail, divers composés de presque tous les corps simples actuellement connus ont été passés en revue; les composés du thorium se sont montrés radioactifs.

Ce travail a établi que la radioactivité des composés d'urane et de thorium est une *propriété atomique*. Elle semble liée à la matière qui en est douée et ne peut être détruite ni par un changement d'état physique, ni par une transformation chimique. Les combinaisons chimiques ou mélanges contenant de l'uranium et du thorium sont, en première approximation, d'autant plus actifs qu'ils contiennent une plus forte proportion de ces métaux; toute matière inactive ajoutée diminue l'activité, agissant à la fois comme matière inerte et matière absorbante.

La radioactivité des composés du thorium est du même ordre de grandeur que celle des composés d'urane; les oxydes des deux métaux ont une activité très analogue.

La radioactivité atomique est-elle un phénomène général? Il semble peu probable que cette propriété appartienne à une certaine espèce de matière à l'exclusion de toute autre. Cependant nos mesures permettent de dire que, pour les éléments actuellement considérés comme tels, y compris les plus rares et les plus hypothétiques, l'activité, si elle existe, est au moins 100 fois plus faible que pour l'uranium métallique dans notre appareil à plateaux.

Chaque élément a été examiné, quand e'était possible, dans diverses combinaisons chimiques. Ont figuré dans l'étude :

1° Tous les métaux et métalloïdes que l'on trouve facilement et quelques-uns des plus rares, produits purs, provenant de la collection de M. Étard;

2° Les corps rares suivants : gallium, germanium, néodyme.

(1) SCHMIDT, *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 141; 1898.

praséodyme, niobium, scandium, gadolinium, erbium, samarium, rubidium, échantillons prêtés par M. Demarçay; yttrium, ytterbium avec nouvel erbium, holmium, échantillons prêtés par M. Urbain;

3° Un grand nombre de roches et de minéraux (1).

Le phosphore humide placé entre les plateaux du condensateur rend l'air conducteur. Toutefois, nous ne considérons pas ce corps comme radioactif à la façon de l'uranium et de thorium. En effet, le phosphore dans ces conditions s'oxyde et émet des rayons lumineux, tandis que les composés d'urane et de thorium sont radioactifs sans éprouver aucune modification appréciable par les moyens connus; de plus, le phosphore n'est actif ni à l'état de phosphore rouge, ni à l'état de combinaison.

Rayons thoriques. — Notre étude des composés du thorium a montré :

1° Que l'épaisseur de la couche active employée a une action considérable, surtout avec l'oxyde. Le courant augmente avec l'épaisseur de la couche;

2° Que le phénomène n'est régulier que si l'on emploie une couche active mince ($\frac{1}{4}$ de millimètre). Au contraire, quand on emploie une couche épaisse (6^{mm}), on obtient des nombres oscillant entre des limites étendues, surtout dans le cas de l'oxyde;

3° Que les rayons thoriques sont bien plus pénétrants que les rayons uraniques, et que les rayons émis par l'oxyde de thorium sous couche épaisse sont bien plus pénétrants que ceux qu'il émet en couche mince (2).

Les particularités de la radiation thorique ont été récemment l'objet de publications très complètes. M. Owens (3) a montré que la constance du courant n'est obtenue qu'au bout d'un temps assez long en appareil clos; il a également montré que, dans le cas des composés du thorium, le courant pouvait être fortement réduit par un courant d'air, ce qui n'a pas lieu pour les composés

(1) L'uranium métallique employé dans cette étude a été obligeamment donné par M. Moissan.

(2) CURIE, *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1101; avril 1898.

(3) OWENS, *Phil. Mag.*, octobre 1899.

d'urane, et il a étudié en détail ce phénomène. Bientôt après M. Rutherford (1) a publié des résultats analogues et a fait l'hypothèse que les composés du thorium émettent non seulement des rayons analogues aux rayons uraniques, mais qu'ils émettent en plus une *émanation* constituée par des particules matérielles extrêmement ténues qui sont elles-mêmes radioactives.

Minéraux radioactifs. — Parmi les substances dont nous avons mesuré la radioactivité se trouvait un grand nombre de minéraux (2). Certains d'entre eux se sont montrés actifs. Voici les nombres obtenus, toujours avec le même appareil à plateaux :

	$i. 10^{11}$ en ampères.
Pechblende de Johanngeorgenstadt.....	8,3
» Joachimsthal.....	7,0
» Pzibran.....	6,5
» Cornwallis.....	1,6
Clévéite.....	1,4
Chalcolite.....	5,2
Autunite.....	2,7
Thorite.....	1,4
Orangite.....	2,0
Monazite.....	0,5
Xénotime.....	0,03
Æschynite.....	0,7
Fergusonite.....	0,4
Samarskite.....	1,1
Niobite.....	0,3
Carnotite.....	6,2

Tous ces minéraux contiennent de l'uranium et du thorium; leur activité n'a donc rien d'étonnant, mais l'intensité du phénomène pour certains minéraux est inattendue. Ainsi l'on trouve des pechblendes (minerais d'oxyde d'urane) qui sont quatre fois plus actives que l'uranium métallique; la chalcolite, phosphate cristallisé de cuivre et d'urane, est deux fois plus active que l'uranium; l'autunite, phosphate de chaux et d'urane, est aussi active

(1) RUTHERFORD, *Phil. Mag.*, janvier 1900.

(2) Plusieurs échantillons de minéraux provenaient de la collection du Muséum et ont été obligeamment mis à notre disposition par M. Lacroix.

que l'uranium. Or, d'après les considérations qui précèdent, aucun minéral n'aurait dû se montrer plus actif que l'uranium et le thorium. Pour éclaircir ce point, l'un de nous a préparé de la chalcopite artificielle par le procédé de Debray, en partant de produits purs. Cette chalcopite artificielle avait une activité tout à fait normale, étant donnée sa composition; elle était deux fois et demie moins active que l'uranium.

Il devenait, dès lors, très probable que si la pechblende, la chalcopite, l'autunite ont une activité si forte, c'est que ces minéraux contiennent, en petite quantité, une substance fortement radioactive différente de l'uranium, du thorium et des corps simples actuellement connus.

Nous nous sommes proposé d'extraire cette substance de la pechblende, et nous sommes en effet parvenus à montrer qu'il est possible, par les méthodes ordinaires de l'analyse chimique, d'extraire de la pechblende des substances dont la radioactivité est environ *cent mille* fois plus grande que celle de l'uranium métallique.

Méthode de recherches. — Notre unique guide, dans cette recherche, était la radioactivité, et voici comment nous nous en servions : On mesurait l'activité d'un certain produit; on effectuait sur ce produit une séparation chimique; on mesurait l'activité de tous les produits obtenus, et l'on se rendait compte si la substance active cherchée était restée intégralement avec l'un d'eux ou bien si elle s'était séparée entre eux et dans quelle proportion. On avait ainsi une indication qui était analogue, jusqu'à un certain degré, à celle que pourrait fournir l'analyse spectrale. Pour avoir des nombres comparables, il faut mesurer l'activité des substances à l'état solide et bien desséchées. La difficulté principale de cette recherche provenait de ce que la pechblende est un minerai extrêmement compliqué, qui renferme en quantité notable presque tous les métaux connus.

Gaz temporairement actif. — Nous avons reconnu d'abord que la pechblende chauffée dans le vide fournit des produits de sublimation très actifs, mais en très petite quantité. En recueillant les produits gazeux de la sublimation, nous avons obtenu un gaz,

lequel, enfermé dans un tube de verre, agissait encore à l'extérieur comme un corps notablement radioactif. Pendant un mois, le rayonnement issu de ce gaz nous donna des impressions photographiques et provoqua la décharge des corps électrisés; puis l'activité diminua peu à peu, jusqu'à disparaître complète. Au spectroscope, le gaz actif montrait les raies de l'oxyde de carbone. La pechblende contient d'ailleurs de l'argon et de l'hélium. Nous nous sommes assurés que l'oxyde de carbone n'est pas radioactif. L'argon et l'hélium extraits de la fergusonite ne le sont pas non plus. Les conditions de production de ce gaz actif et la disparition de son activité restent à éclaircir.

Polonium, radium, actinium. — L'analyse de la pechblende par voie humide, avec le concours de la méthode exposée plus haut, a conduit à établir l'existence, dans ce minéral, de trois substances fortement radioactives, chimiquement différentes: le *polonium*, trouvé par nous (1); le *radium*, que nous avons découvert avec M. Bémont (2), et l'*actinium*, qui a été découvert par M. Debierne (3).

Le *polonium* est une substance qui accompagne le bismuth que l'on retire de la pechblende et qui en est très voisine par ses propriétés analytiques. On obtient du bismuth de plus en plus riche en polonium par l'un des procédés de fractionnement suivants:

1° Sublimation des sulfures dans le vide; le sulfure actif est beaucoup plus volatil que le sulfure de bismuth ordinaire;

2° Précipitation des solutions azotiques par l'eau; le sous-nitrate précipité est bien plus actif que le sel resté dissous;

3° Précipitation par l'hydrogène sulfuré d'une solution chlorhydrique extrêmement acide; les sulfures précipités sont considérablement plus actifs que le sel qui reste dissous.

Le *radium* est une substance qui accompagne le baryum retiré de la pechblende; il suit le baryum dans ses réactions et s'en sépare par différence de solubilité du chlorure dans l'eau, l'eau alcoolisée ou l'eau chlorhydrique. Nous le concentrons et le sépa-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 175; juillet 1898.

(2) *Id.*, p. 1215; décembre 1898.

(3) *Id.*, t. CXXIX, p. 593; octobre 1899, et t. CXXX, p. 906 avril 1900.

rons du baryum par cristallisation fractionnée du chlorure, le chlorure de radium étant moins soluble que celui de baryum. Des trois nouvelles substances radioactives, le radium seul a été isolé à l'état de sel à peu près pur.

L'*actinium* accompagne certains corps du groupe du fer, contenus dans la pechblende; il semble surtout voisin du thorium, dont il n'a pas encore été séparé. Il n'est même pas facile de séparer le thorium actinifère des autres éléments du groupe du fer; les séparations sont généralement incomplètes. M. Debierne a utilisé les procédés de séparation suivants :

1° Précipitation des solutions bouillantes, légèrement acidulées par l'acide chlorhydrique, par l'hyposulfite de sodium en excès; la propriété radioactive se trouve presque entièrement retenue par le précipité;

2° Action de l'acide fluorhydrique et du fluorure de potassium sur les hydrates fraîchement précipités en suspension dans l'eau; la portion dissoute est peu active et l'on peut séparer le titane par ce procédé;

3° Précipitation de la solution neutre des azotates par l'eau oxygénée. Le précipité entraîne le corps radioactif;

4° Précipitation des sulfates insolubles; chaque fois que l'on précipite un sulfate insoluble, le sulfate de baryte, par exemple, dans une solution renfermant du thorium actinifère, celui-ci est entraîné et le précipité est fortement radioactif. On retire ensuite le thorium actinifère en transformant les sulfates en chlorures et en précipitant la dissolution de ces derniers par l'ammoniaque. Ce procédé très simple est, comme on voit, très différent de ceux employés généralement pour la séparation des éléments.

Toutes les trois substances radioactives nouvelles se trouvent dans la pechblende en quantité absolument infinitésimale. Pour arriver à les obtenir à l'état de concentration actuel, nous avons été obligés d'entreprendre le traitement de plusieurs tonnes de résidus de minerai d'urane. Le gros traitement se fait dans une usine, il est suivi de tout un travail de purification et de concentration. Nous arrivons ainsi à extraire de ces milliers de kilogrammes de matière première quelques décigrammes de produits qui sont prodigieusement actifs par rapport au minerai dont elles proviennent. Il est bien évident que l'ensemble de ce travail est long, pénible et coûteux (1).

(1) Nous avons de nombreuses obligations et des remerciements à adresser à tous ceux qui nous sont venus en aide dans ce travail. Le Gouvernement autri-

M. Giesel, à Brunswick, est aussi parvenu à préparer des produits de bismuth à polonium et de baryum radifère déjà très actifs.

D'après les recherches toutes récentes de MM. Debierne, Giesel, Crookes, Becquerel (1), on peut, à la suite de certains traitements, extraire des sels d'urane une très petite quantité d'une substance très active qui contient probablement de l'actinium. L'uranium ainsi purifié est moins actif qu'avant et peut-être même pourra-t-on faire disparaître ainsi toute sa radioactivité. L'uranium ne serait plus alors un élément radioactif. Ce fait, s'il était démontré, ne serait pas cependant en contradiction avec l'idée que la radioactivité est une propriété atomique; seulement, c'est à l'actinium qu'il faudrait reporter la propriété attribuée à l'uranium. S'il est difficile d'obtenir de l'uranium exempt d'actinium, alors on comprend que l'uranium doit avoir l'apparence d'un élément atomiquement radioactif. Le raisonnement qui a conduit à la découverte des nouvelles substances radioactives conserve sa validité.

Spectre du radium. — Il était de première importance de contrôler par tous les moyens possibles l'hypothèse, faite dans ce Travail, de l'existence d'éléments nouveaux radioactifs. L'analyse spectrale a, dans le cas du radium, confirmé d'une façon complète cette hypothèse.

M. Demarçay a bien voulu se charger de l'examen de nos substances par les procédés rigoureux qu'il emploie dans l'étude des spectres photographiques.

Le concours d'un savant aussi compétent a été pour nous un grand bienfait, et nous le remercions bien sincèrement d'avoir bien

chien a mis gracieusement à notre disposition la première tonne de résidu traité (provenant de l'usine de l'État, de Joachimsthal en Bohême). L'Académie des Sciences de Paris, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un donateur anonyme nous ont fourni les moyens de faire traiter une certaine quantité de produit. Notre excellent ami M. Debierne a établi une méthode très avantageuse pour le traitement du résidu et a organisé ce traitement, qui a été effectué dans l'usine de la Société centrale de Produits chimiques. Cette Société a consenti à effectuer le traitement et une partie des fractionnements dans des conditions onéreuses pour elle.

A tous nous adressons nos remerciements bien sincères.

(1) GIESEL, *Berichte chem. Gesell.*, juin 1900; CROOKES, *Proc. roy. Soc.*, mai 1900; BECQUEREL, *Comptes rendus*, juin et juillet 1900.

voulu faire ce travail. Les résultats de l'analyse spectrale sont venus nous donner l'assurance, la certitude, alors que nous avions encore des doutes sur l'interprétation des résultats de notre travail.

Les premiers échantillons de chlorure de baryum radifère médiocrement actif, examinés par M. Demarçay, lui montrèrent, en même temps que les raies du baryum, une raie nouvelle (3814,7) d'intensité notable dans le spectre ultraviolet. Avec des produits plus actifs préparés ensuite, M. Demarçay vit la raie (3814,7) se renforcer, en même temps d'autres raies nouvelles apparurent et, dans le spectre, les raies nouvelles et celles du baryum avaient des intensités comparables. Dans le dernier échantillon examiné, le nouveau spectre domine et les trois plus fortes raies du baryum seules visibles, indiquent seulement la présence de ce métal à l'état d'impureté. Cet échantillon peut être considéré comme formé de chlorure de radium à peu près pur.

Voici, d'après M. Demarçay (1), la liste des raies principales du radium pour la portion du spectre comprise entre $\lambda = 5000$ et $\lambda = 3500$. La force de chaque raie est indiquée par un chiffre, la plus forte raie étant marquée 16.

λ .	Force.	λ .	Force.
4826,3	10	4600,3 (?)	3
4726,9	5	4533,5	9
4699,8	3	4436,1	8
4692,1	7	4340,6	12
4683,0	14	3814,7	16
4641,9	4	3649,6	12

Toutes les raies sont nettes et étroites, les trois raies 3814,7, 4683,0, 4340,6 sont fortes; elles atteignent l'égalité avec les raies les plus intenses actuellement connus. On aperçoit également dans le spectre deux bandes nébuleuses fortes.

La première, symétrique, s'étend de 4631,0 à 4621,9 avec maximum à 4627,5. La deuxième, plus forte, est dégradée vers l'ultraviolet; elle commence brusquement à 4463,7, passe par un maximum à 4455,2; la région du maximum s'étend jusqu'à 4453,4, puis

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 1218; 26 décembre 1898; t. CXXIX, p. 116; 1899, et t. CXXXI, p. 258; 23 juillet 1900.

une bande nébuleuse, graduellement dégradée, s'étend jusque vers 4390.

Dans la partie la moins réfrangible non photographiée du spectre, la seule raie notable est la raie 5665 (environ), bien plus faible cependant que 4826,3.

L'aspect général du spectre est le même que pour les métaux alcalino-terreux; on sait que ces métaux ont des spectres de raies fortes avec quelques bandes nébuleuses.

M. Demarçay pense que le radium peut figurer parmi les corps ayant la réaction spectrale la plus sensible. Cependant il faut une activité initiale de 50 fois celle de l'uranium ordinaire environ, pour apercevoir nettement la raie principale du radium sur les spectres photographiques. Avec un électromètre sensible, on peut déceler la radioactivité pour des activités n'atteignant que le $\frac{1}{100}$ de celle de l'uranium ordinaire; on voit que, pour déceler la présence du radium, la radioactivité est un caractère plusieurs milliers de fois plus sensible que la réaction spectrale.

Le bismuth à polonium très actif, examiné par M. Demarçay, n'a encore donné au spectroscopie que les raies du bismuth. De même, le thorium à actinium très actif préparé par M. Debierne n'a encore donné que les raies du thorium.

Masse atomique du radium. — A mesure que nous obtenions des produits de baryum radifère de plus en plus riche en radium, l'un de nous a fait des déterminations successives de la masse atomique du métal contenu dans le chlorure de baryum radifère exempt de toute impureté (1). On dosait le chlore par le chlorure d'argent en partant du chlorure anhydre. En chauffant le chlorure hydraté à 130°, il perd toute son eau de cristallisation et l'on n'obtient plus ensuite de variation de poids même en chauffant plusieurs heures le chlorure anhydre à 150°, ce qui indique qu'il n'y a aucune perte sensible de chlore. La masse atomique trouvée est sensiblement celle du baryum (137,5) pour les produits médiocrement actifs. Mais pour des produits de plus en plus actifs, la masse atomique va en augmentant. Avec un produit riche en radium pour lequel les raies du radium ont une intensité plutôt un peu plus forte que

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 760, et t. CXXXI, p. 382; nov. 1899 et août 1900.

celles du baryum, on a trouvé la masse atomique 174. Malheureusement il a été impossible de faire une détermination sur le produit à peu près pur examiné au spectroscopie par M. Demarçay, parce que nous ne possédons de ce produit que quelques centigrammes, quantité trop faible pour faire un dosage. On peut donc seulement conclure que la masse atomique du radium est très supérieure à 174, et tout semble indiquer que ce corps est l'homologue supérieur du baryum dans la série des métaux alcalino-terreux.

La quantité de radium contenue dans les minerais d'urane est malheureusement prodigieusement faible. Pour obtenir quelques centigrammes de chlorure de radium pur et quelques décigrammes de produits moins concentrés, il a fallu faire traiter deux tonnes de résidu de minerai d'urane. Pour pouvoir faire une détermination de la masse atomique du radium pur et étudier les propriétés physiques et chimiques de ce nouveau métal, il faudrait pouvoir faire traiter encore un certain nombre de tonnes de résidu de minerai d'urane, ce qui nécessiterait de nouvelles dépenses.

Rayons émis par les nouvelles substances radioactives. — Le rayonnement de Becquerel émis par les nouvelles substances radioactives est considérablement plus intense que celui de l'uranium ordinaire; ce rayonnement est *au moins* 100 000 fois plus fort. Mais il n'est, à vrai dire, plus possible d'évaluer cette intensité de rayonnement par la méthode électrique décrite ci-dessus. En effet, avec ces substances très actives le courant entre les deux plateaux du condensateur continue à croître avec la différence de potentiel, et l'on n'atteint jamais le courant limite pour les tensions utilisées dans les mesures. De plus, pour les composés de radium et d'actinium, une partie du rayonnement est formée de rayons très pénétrants qui traversent le condensateur et les plateaux métalliques et qui ne sont nullement utilisés à ioniser l'air entre les plateaux.

Les rayons du polonium sont très intenses, mais très peu pénétrants; ils n'agissent pas dans l'air au delà d'une distance de quelques centimètres, et un écran solide même très mince n'en laisse passer qu'une très faible partie.

Le rayonnement du radium comporte à la fois des rayons peu pénétrants et des rayons très pénétrants. Ces derniers sont capables de traverser plusieurs centimètres de métal; ils peuvent aussi se

propager dans l'air à plus d'un mètre de distance du radium. Pour ces rayons pénétrants, le plomb, le platine sont les corps les plus opaques; l'aluminium, le verre, la paraffine sont relativement transparents.

L'action photographique des nouvelles substances est extrêmement rapide à petite distance. A grande distance on peut obtenir des *radiographies* avec le radium avec un temps de pose suffisant. On peut, par exemple, obtenir la radiographie d'une boîte de compas, d'un porte-monnaie, en utilisant quelques centigrammes de chlorure de baryum radifère placé dans une ampoule de verre. En opérant à 20^{cm} de distance, quelques heures de pose sont nécessaires; en opérant à 1^m de distance il faut une pose de quelques jours, mais les images sont alors très fines.

Le rayonnement des sels de baryum radifères augmente avec le temps à partir du moment où on les a préparés à l'état solide. Ce rayonnement semble tendre toutefois vers une certaine limite. Ce phénomène d'augmentation du rayonnement est particulièrement intense avec le chlorure de baryum radifère (1). Quand on évapore à sec une solution de chlorure de baryum radifère, l'activité du produit sec augmente d'abord très rapidement, puis plus lentement, et devient quatre ou cinq fois plus forte que l'activité initiale. Voici, par exemple, les activités que nous avons obtenues avec un produit faiblement actif (activité initiale 95 fois celle de l'uranium ordinaire), activité initiale 95, après 1 jour 120, après 2 jours 165, après 3 jours 210, après 9 jours 310, après 24 jours 381, après 300 jours 410. Quand on dissout le chlorure actif et qu'on le sèche de nouveau, l'activité initiale obtenue, immédiatement après dessèchement, est d'autant plus faible que le sel est resté plus longtemps en solution, mais elle semble tendre vers une valeur constante qui est pratiquement atteinte lorsque le sel est resté quatre ou cinq jours en solution. On voit de quelles précautions il faut s'entourer lorsque l'on veut caractériser une de ces substances par son activité. Nous prenions généralement comme repère le plus pratique l'activité initiale après dessèchement d'une substance laissée quelques jours à l'état de dissolution.

(1) Ces phénomènes ont été décrits tout d'abord par M. Giesel (*Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91; 1899).

Au contraire, l'activité des composés du polonium décroît lentement avec le temps (Giesel), et cette activité perdue ne semble pas pouvoir être régénérée sans faire, tout au moins, intervenir une action étrangère.

Les rayons des nouvelles substances radioactives ionisent l'air fortement. On peut, comme avec les rayons cathodiques et les rayons de Röntgen, provoquer facilement la condensation de la vapeur d'eau sursaturée.

Sous l'influence des rayons émis par les substances radioactives la distance explosive de l'étincelle entre deux conducteurs métalliques est diminuée (1).

Effets de fluorescence, effets lumineux. — Les rayons émis par les nouvelles substances radioactives provoquent la fluorescence de certains corps. Nous avons tout d'abord découvert ce phénomène en faisant agir le polonium et le radium au travers d'une feuille d'aluminium sur une couche de platinocyanure de baryum. Mais un grand nombre d'autres substances sont susceptibles de devenir phosphorescentes sous l'action des rayons de Becquerel. M. Becquerel a étudié l'action sur les sels d'urane, le diamant, la blende, etc. M. Bary (2) a montré que les sels des métaux alcalins et alcalino-terreux, fluorescents sous l'action des rayons lumineux et des rayons de Röntgen, sont également fluorescents sous l'action des rayons du radium. On peut également observer la fluorescence du papier, du coton, du verre, etc. au voisinage du radium.

Tous les composés de baryum radifère sont *spontanément lumineux* (3). Les sels haloïdes, anhydres et secs, émettent une lumière particulièrement intense. Cette luminosité ne peut être vue à la grande lumière du jour, mais on la voit déjà facilement dans une demi-obscurité ou dans une pièce éclairée à la lumière du gaz. La lumière émise peut être assez forte pour que l'on puisse lire en s'éclairant avec un peu de produit. La lumière émise émane de toute la masse du produit, tandis que, pour un corps

(1) ELSTER et GEITEL, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 673.

(2) BARY, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 776; 1900.

(3) CURIE, *Société de Physique*, 3 mars 1899; Paris. — GIESEL, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91.

phosphorescent ordinaire, la lumière émane surtout de la partie de la surface qui a été éclairée. A l'air humide les produits radifères perdent en grande partie leur luminosité, mais ils la reprennent par desséchement (Giesel). La luminosité semble se conserver. Au bout de plus d'un an, aucune modification sensible ne semble s'être produite dans la luminosité des produits faiblement actifs, gardés en tubes scellés, à l'obscurité. Avec du chlorure de baryum radifère, très actif et très lumineux, la lumière change de teinte au bout de quelques mois, elle devient plus violacée et s'affaiblit quelque peu; en même temps le produit subit certaines transformations; mais en redissolvant le sel dans l'eau et en le séchant de nouveau on obtient la luminosité primitive.

Lorsqu'on est dans l'obscurité, on obtient un effet lumineux sur l'œil fermé, en plaçant dans le voisinage de la paupière ou de la tempe un sel de baryum radifère très actif (Giesel). Cet effet s'obtient encore quand le sel radifère est recouvert d'aluminium. On peut attribuer cet effet à une phosphorescence des milieux de l'œil sous l'action des rayons invisibles du radium.

Effets chimiques, coloration du verre. — Les radiations émises par les substances fortement radioactives sont susceptibles de provoquer certaines transformations, certaines réactions chimiques. Les rayons émis par les produits radifères exercent des actions colorantes sur le verre et la porcelaine (1).

La coloration du verre, généralement brune ou violette, est très intense; elle se produit dans la masse même du verre, elle persiste après l'éloignement du radium. Tous les verres se colorent en un temps plus ou moins long et la présence du plomb n'est pas nécessaire. Il convient de rapprocher ce fait de celui, observé récemment, de la coloration des verres des tubes à vide producteurs des rayons de Röntgen après un long usage.

M. Giesel a montré que les sels haloïdes cristallisés des métaux alcalins (sel gemme, sylvine) se colorent sous l'influence du radium, comme sous l'action des rayons cathodiques. M. Giesel montre que l'on obtient des colorations du même genre en faisant séjourner les sels alcalins dans la vapeur de sodium (2).

(1) CURIE, *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 823; nov. 1899.

(2) GIESEL, *Soc. de Phys. allemande*; janvier 1900.

Le papier est altéré et coloré par les rayons du radium.

Dans certaines circonstances il y a production d'ozone dans le voisinage des composés très actifs.

Les composés radifères semblent s'altérer avec le temps, peut-être sous l'action de leur propre radiation. Ainsi les cristaux de chlorure de baryum radifère sont incolores au moment où ils se déposent dans une solution; mais, au bout de quelques jours, ils prennent une coloration tantôt jaune, tantôt d'un beau rose; cette coloration disparaît par dissolution. Le chlorure de baryum radifère dégage une odeur d'eau de Javel; le bromure dégage du brome. Ces transformations lentes s'affirment généralement quelque temps après la préparation du produit solide, lequel en même temps change d'aspect et de couleur en prenant une teinte jaune ou violacée. La lumière émise devient aussi plus violacée.

Les rayons du radium transforment le platinocyanure de baryum en une variété brune moins lumineuse; ils altèrent également le sulfate d'uranyle et de potasse en le faisant jaunir. Le platinocyanure de baryum transformé est régénéré partiellement par l'action de la lumière. Plaçons le radium au-dessous d'une couche de platinocyanure de baryum étalée sur du papier; le platinocyanure devient lumineux; si l'on maintient le système dans l'obscurité, le platinocyanure s'altère et sa luminosité baisse considérablement. Mais exposons le tout à la lumière, le platinocyanure est partiellement régénéré, et si l'on reporte le tout dans l'obscurité la luminosité reparait assez forte. On a donc, au moyen d'un corps fluorescent et d'un corps radioactif, réalisé un système qui fonctionne comme un corps phosphorescent à longue durée de phosphorescence.

M. Giesel a préparé du platinocyanure de baryum radifère. Quand ce sel vient de cristalliser, il a l'aspect du platinocyanure de baryum ordinaire, et il est très lumineux. Mais peu à peu le sel se colore spontanément et prend une teinte brune, en même temps que les cristaux deviennent dichroïques. A cet état le sel est bien moins lumineux, quoique sa radioactivité ait augmenté (1).

(1) GIESEL, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91.

Action de la température. — Les substances radioactives conservent leurs propriétés après avoir été portées à une température élevée. L'uranium qui a été fondu au four électrique est radioactif. Le chlorure de baryum radifère qui a été fondu (vers 800°) est actif et lumineux. On sait qu'au contraire la phosphorescence acquise par éclaircissement s'épuise par l'action de la chaleur.

On a encore peu de renseignements sur la manière dont varie l'émission des rayons par les corps radioactifs avec la température. Nous savons cependant que l'émission subsiste aux basses températures. Nous avons placé dans l'air liquide un tube qui contenait du chlorure de baryum radifère. Nous avons constaté que la luminosité persiste dans ces conditions; il est difficile d'apprécier le degré de luminosité tant que le tube plonge dans l'air liquide, mais, au moment où l'on retire le tube de l'enceinte froide, il paraît bien plus lumineux qu'à la température ambiante. Nous avons remarqué aussi qu'à la température de l'air liquide le radium continue à exciter la fluorescence du sulfate d'uranyle et de potassium (1).

Action du champ magnétique sur les rayons de Becquerel. Rayons déviés et non déviés. — On a vu que les rayons émis par les substances radioactives ont un grand nombre de propriétés qui sont communes aux rayons cathodiques et aux rayons de Röntgen. Aussi bien les rayons cathodiques que les rayons de Röntgen ionisent l'air, agissent sur les plaques photographiques, excitent la fluorescence, n'éprouvent pas de réflexion régulière. Mais les rayons cathodiques diffèrent des rayons de Röntgen en ce qu'ils sont déviés de leur trajet rectiligne par l'action du champ magnétique et en ce qu'ils sont chargés d'électricité négative.

Les travaux de MM. Giesel, Meyer et v. Schweidler et Becquerel ont montré que les rayons des nouvelles substances radioactives sont déviés par le champ magnétique de la même façon que les rayons cathodiques.

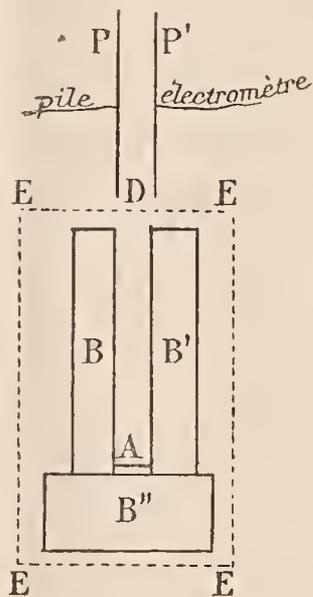
On trouvera dans le Rapport de M. Becquerel un exposé complet de l'action du champ magnétique sur le rayonnement des corps radioactifs; nous nous bornerons ici à donner quelques détails sur

(1) CURIE, *Société de Physique*; 2 mars 1900.

les expériences qui nous ont montré que ce rayonnement comprend deux groupes de rayons très distincts ; les rayons déviés et les rayons non déviés ⁽¹⁾. Ces expériences ont été faites par la méthode électrique.

Le corps radioactif A (*fig. 2*) envoie des radiations suivant la direction AD entre les plateaux P et P'. Le plateau P est maintenu au potentiel de

Fig. 2.



500 volts, le plateau P' est relié à un électromètre et à un quartz piézo-électrique. On mesure l'intensité du courant qui passe dans l'air sous l'influence des radiations. On peut à volonté établir le champ magnétique d'un électro-aimant normalement au plan de la figure dans toute la région EEEE. Si les rayons sont déviés, même faiblement, ils ne pénètrent plus entre les plateaux, et le courant est supprimé. La région où passent les rayons est entourée par les masses de plomb B, B', B'' et par les armatures de l'électro-aimant ; quand les rayons sont déviés, ils sont absorbés par les masses de plomb B et B'.

Les résultats obtenus dépendent essentiellement de la distance AD du corps radiant A à l'entrée du condensateur en D. Si la distance AD est assez grande (supérieure à 7^{cm}), tous les rayons du radium qui arrivent au condensateur sont déviés et supprimés par un champ de 2500 unités. Si la distance AD est plus faible que 65^{mm}, une partie seulement des rayons est déviée par l'action du champ ; cette partie est d'ailleurs déjà complètement déviée par

⁽¹⁾ CURIE, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 73 ; 8 janvier 1900.

un champ de 2500 unités, et la proportion de rayons supprimés n'augmente pas si l'on fait croître le champ de 2500 à 7000 unités.

La proportion des rayons non déviés est d'autant plus grande que la distance AD entre le corps radiant et le condensateur est plus petite. Pour des distances faibles, les rayons qui peuvent être déviés ne constituent plus qu'une très faible fraction du rayonnement total.

Voici, pour un échantillon de carbonate de baryum radifère, les résultats obtenus :

Dans la première ligne figure la distance AD en centimètres. En supposant égal à 100 le courant obtenu sans champ magnétique pour chaque distance, les nombres de la deuxième ligne indiquent le courant qui subsiste quand le champ agit. Ces nombres peuvent être considérés comme donnant le pourcentage de rayons non déviables.

Distance AD.....	7,1	6,9	6,5	6,0	5,1	3,4
Pour 100 rayons non déviés.	0	0	11	33	56	74

Les rayons déviables sont les plus pénétrants.

Lorsque l'on tamise le faisceau au travers d'une lame absorbante (aluminium ou papier noir), les rayons qui passent sont tous déviables par le champ, de telle sorte qu'à l'aide de l'écran et du champ magnétique tout le rayonnement est supprimé dans le condensateur. Une lame d'aluminium de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur suffit pour supprimer tous les rayons non déviables, quand la substance est assez loin du condensateur; pour des distances plus petites (34^{mm} et 51^{mm}), deux feuilles d'aluminium au $\frac{1}{100}$ sont nécessaires pour obtenir ce résultat.

On a fait des mesures semblables sur quatre substances radifères (chlorures ou carbonates), d'activité très différente; le rapport des activités des produits extrêmes était au moins de trois cents. Cependant, les résultats ont été très analogues.

On peut remarquer que, pour tous les échantillons, les rayons pénétrants déviables à l'aimant ne sont qu'une faible partie du rayonnement total; ils n'interviennent que pour une faible part dans les mesures où l'on utilise le rayonnement intégral pour produire la conductibilité de l'air.

M. Becquerel a montré que les composés de polonium préparés par nous n'émettent que des rayons non déviables. On peut étudier la radiation émise par le polonium par la méthode électrique.

Quand on fait varier la distance AD du polonium au condensateur, on n'observe d'abord aucun courant tant que la distance est assez grande; quand on rapproche le polonium, on observe que, pour une certaine distance, qui était de 4^{cm} pour l'échantillon étudié, le rayonnement se fait très brusquement sentir avec une assez grande intensité; le courant augmente ensuite régulièrement si l'on continue à rapprocher le polonium, mais le champ magnétique ne produit aucun effet. Il semble que le rayonnement non déviable du polonium soit délimité dans l'espace et dépasse à peine dans l'air une sorte de gaine entourant la substance sur l'épaisseur de quelques centimètres.

Le polonium de M. Giesel émet des rayons déviables par le champ magnétique, quand il est récemment préparé. De tous les échantillons de polonium préparés par nous aucun n'en émettait. Nous ne connaissons pas la raison de cette différence.

M. Debierne a trouvé que l'actinium émet des rayons déviables par le champ magnétique; le rayonnement de l'actinium semble présenter une grande analogie avec celui du radium.

Il convient toutefois de faire des réserves générales importantes sur la signification des expériences que nous venons de décrire. Lorsque nous donnons la proportion des rayons déviés par l'aimant il s'agit seulement des radiations susceptibles d'actionner un courant dans le condensateur. En employant, comme réactif des rayons de Becquerel, la fluorescence ou l'action sur les plaques photographiques, la proportion serait probablement très différente. Il y a pour le moment, dans la définition de l'intensité d'une radiation, quelque chose de purement conventionnel et cette intensité n'a de sens que pour la méthode de mesure employée.

M. Villard a trouvé, en se servant de la plaque photographique, que les composés radifères émettent des rayons non déviables extrêmement pénétrants. Ces rayons non déviables n'agissent qu'à la longue sur la plaque photographique et, même avec le réactif de la plaque sensible, ils ne constituent qu'une faible partie du rayonnement total. Dans les expériences par la méthode électrique, ces rayons se faisaient peu ou point sentir.

Le rayonnement du radium se compose donc : 1^o des rayons non déviables par l'action du champ magnétique et très peu pénétrants; 2^o d'une petite proportion de rayons non déviables très

pénétrants; 3° de rayons déviables de diverses natures et, comme M. Becquerel l'a montré, d'autant moins déviables qu'ils sont plus pénétrants.

Pouvoir pénétrant des rayons non déviables. — L'absorption par les écrans de l'ensemble du rayonnement du radium a été étudiée par MM. Meyer et v. Schweidler, et par M. Becquerel qui en rend compte dans son Rapport. Nous ne nous occuperons ici que des particularités curieuses que l'on observe avec les rayons peu pénétrants du polonium et avec les rayons les plus absorbables du radium.

Tandis que, pour les rayons pénétrants du radium, le coefficient d'absorption va en décroissant quand croît l'épaisseur de matière traversée, au contraire, les rayons non déviables peu pénétrants sont d'autant plus absorbables que l'épaisseur de matière qu'ils ont déjà traversée est plus grande⁽¹⁾. Cette loi d'absorption singulière est contraire à celle que l'on connaît pour les autres rayonnements.

L'un de nous a employé pour cette étude notre appareil de mesures de la conductibilité électrique avec le dispositif suivant :

Les deux plateaux d'un condensateur PP et P'P' (*fig. 3*) sont horizontaux et abrités dans une boîte métallique BBBB en relation avec la terre. Le corps actif A, situé dans une boîte métallique épaisse CCCC faisant corps avec le plateau P'P', agit sur l'air du condensateur au travers d'une toile métallique T; les rayons qui traversent la toile sont seuls utilisés pour la production du courant, le champ électrique s'arrêtant à la toile. On peut faire varier la distance AT du corps actif à la toile. Le champ entre les plateaux est établi au moyen d'une pile; la mesure du courant se fait au moyen d'un électromètre et d'un quartz piézoélectrique.

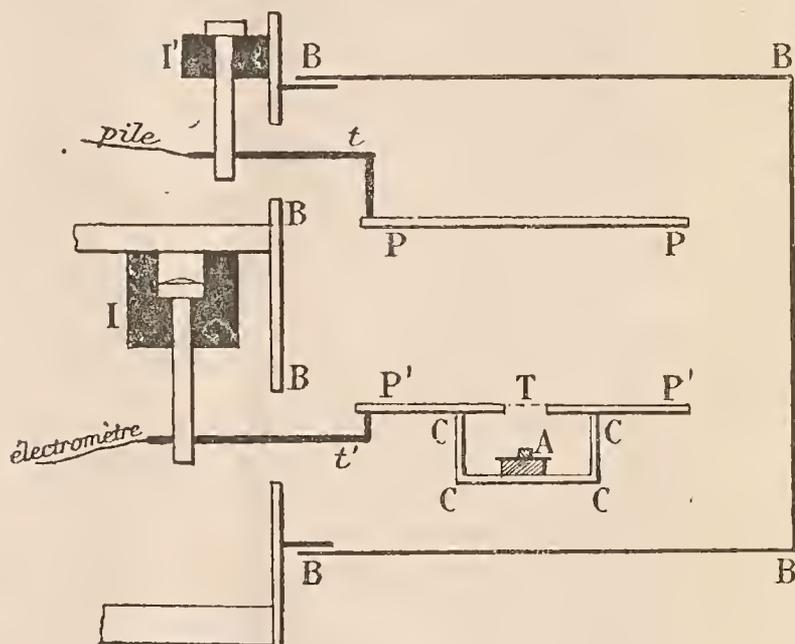
En plaçant en A sur le corps actif divers écrans et en modifiant la distance AT, on peut mesurer l'absorption des rayons qui font dans l'air des chemins plus ou moins grands.

Le polonium se prête particulièrement à l'étude des rayons non déviables, puisque les échantillons que nous possédons, quoique très actifs, n'émettent pas du tout de rayons déviables.

(¹) M^{me} CURIE, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 76; 8 janvier 1900.

Voici les résultats obtenus avec le polonium :
 Pour une certaine valeur de la distance AT (4^{cm} et au-dessus),
 aucun courant ne passe : les rayons ne pénètrent pas dans le con-

Fig. 3.



densateur. Quand on diminue la distance AT, l'apparition des rayons dans le condensateur se fait d'une manière assez brusque, de telle sorte que, pour une petite diminution de la distance, on passe d'un courant très faible à un courant très notable; ensuite le courant s'accroît régulièrement quand on continue à rapprocher le corps radiant de la toile T.

Quand on recouvre la substance radiante d'une lame d'aluminium laminé de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur, l'absorption produite par la lame est d'autant plus forte que la distance AT est plus grande.

Si l'on place sur la première lame d'aluminium une deuxième lame pareille, chaque lame absorbe une fraction du rayonnement qu'elle reçoit, et cette fraction est plus grande pour la deuxième lame que pour la première, de telle façon que c'est la deuxième lame qui semble plus absorbante.

Dans le Tableau qui suit, nous avons fait figurer : dans la première ligne, les distances en centimètres entre le polonium et la toile T; dans la deuxième ligne, la proportion de rayons pour 100 transmise par une lame d'aluminium; dans la troisième ligne, la proportion de rayons pour 100 transmise par deux lames du même aluminium.

Distance AT.....	3,5	2,5	1,9	1,45	0,5
Pour 100 de rayons transmis par une lame..	0	0	5	10	25
Pour 100 de rayons transmis par deux lames.	0	0	0	0	0,7

Dans ces expériences la distance des plateaux P et P' était de 3^{cm}. On voit que l'interposition de la lame d'aluminium diminue l'intensité du rayonnement en plus forte proportion dans les régions éloignées que dans les régions rapprochées.

Cet effet est encore plus marqué que ne l'indiquent les nombres qui précèdent. Ainsi, la pénétration de 25 pour 100, pour la distance 0^{cm},5, représente la moyenne de pénétration pour tous les rayons qui dépassent cette distance, ceux extrêmes ayant une pénétration très faible. Si l'on ne recueillait que les rayons compris entre 0^{cm},5 et 1^{cm}, par exemple, on aurait une pénétration plus grande encore. Et, en effet, si l'on rapproche le plateau P à une distance 0^{cm},5 de P', la fraction du rayonnement transmise par la lame d'aluminium (pour AT = 0^{cm},5) est de 47 pour 100 et à travers deux lames elle est de 5 pour 100 du rayonnement primitif.

Les rayons non déviables du radium se comportent comme les rayons du polonium. On peut étudier les rayons non déviables seuls en renvoyant les rayons déviables de côté par l'emploi d'un champ magnétique. Voici les résultats d'une expérience de ce genre, toujours avec la même lame d'aluminium :

Distance AD (<i>fig.</i> 2).....	6,0	5,1	3,4
Pour 100 de rayons transmis par Al...	3	7	24

Ce sont encore les rayons qui allaient le plus loin dans l'air qui sont les plus absorbés par l'aluminium. Il y a donc une grande analogie entre les rayons non déviables du radium et ceux du polonium; les rayons déviables, au contraire, seraient de nature différente.

Si l'on utilise l'ensemble des rayons émis, le phénomène se trouve compliqué par la présence des rayons déviables et pénétrants, dont la loi d'absorption est différente. Si l'on observe à grande distance, ces derniers rayons dominant et l'absorption est faible; si l'on observe à petite distance, les rayons non déviables dominant et l'absorption est d'autant plus faible qu'on se rapproche

plus de la substance; pour une distance intermédiaire, l'absorption passe par un maximum et la pénétration par un minimum.

Dans ces diverses expériences, l'écran est toujours placé à la même distance du radium.

Distance AD.....	7,1	6,5	6,0	5,1	3,4
Pour 100 de rayons transmis par Al.	91	82	58	41	48

Devant des propriétés si particulières des rayons non déviables des corps radioactifs on pouvait se demander si ce sont bien là véritablement des rayons possédant la propagation rectiligne.

M. Becquerel a élucidé cette question par une expérience directe. Le polonium émettant les rayons non déviables était placé dans une cavité linéaire très étroite, creusée dans une feuille de carton. On avait ainsi une source linéaire de rayons. Un fil de cuivre de 1^{mm},5 de diamètre était placé parallèlement en face du fil à une distance de 5^{mm}. Une plaque photographique était placée parallèlement à une distance de 8^{mm} au delà. Après une pose de dix minutes, l'ombre géométrique du fil était reproduite d'une façon parfaite avec les dimensions prévues et une pénombre très étroite de chaque côté correspondant bien à la largeur de la source. La même expérience réussit également bien en plaçant contre le fil une double feuille d'aluminium battu que les rayons sont obligés de traverser.

Il s'agit donc bien des rayons capables de donner des ombres géométriques parfaites. L'expérience avec l'aluminium montre que ces rayons ne sont pas fortement diffusés en traversant une lame d'aluminium battu et que cette lame n'émet pas en quantité importante des rayons secondaires analogues aux rayons secondaires des rayons de Röntgen.

Charge électrique des rayons du radium. — Les rayons cathodiques sont, comme l'a montré M. Perrin, chargés d'électricité négative ⁽¹⁾. De plus, ils peuvent, d'après les expériences de M. Perrin et de M. Lenard ⁽²⁾, transporter leur charge à travers des

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 1130, et *Ann. de Ch. et de Phys.*, 7^e série, t. II, p. 433; 1897. Dans les expériences de M. Perrin, l'ordre de grandeur de la charge était de 10⁻⁶ coulombs pour une interruption de la bobine.

⁽²⁾ LENARD, *Wied. Ann.*, t. LXIV, p. 279; 1898.

enveloppes métalliques réunies à la terre et à travers des lames isolantes. En tout point où les rayons cathodiques sont absorbés se fait un dégagement continu d'électricité négative. Nous avons constaté qu'il en est de même pour les rayons déviables du radium. *Les rayons déviables du radium sont chargés d'électricité négative.*

Étalons la substance radioactive sur l'un des plateaux d'un condensateur, ce plateau étant relié métalliquement à la terre; le second plateau est relié à un électromètre, il reçoit et absorbe les rayons émis par la substance. Si les rayons sont chargés, on doit observer une arrivée continue d'électricité à l'électromètre. Cette expérience, réalisée dans l'air, ne nous a pas permis de déceler une charge des rayons, mais l'expérience ainsi faite n'est pas sensible. L'air entre les plateaux étant rendu conducteur par les rayons, l'électromètre n'est plus isolé et ne peut accuser que des charges assez fortes.

Pour que les rayons non déviables ne puissent apporter de trouble dans l'expérience, on peut les supprimer en recouvrant la source radiante d'un écran métallique mince; le résultat de l'expérience n'est pas modifié (1).

Nous avons sans plus de succès répété cette expérience dans l'air en faisant pénétrer les rayons dans l'intérieur d'un cylindre de Faraday en relation avec l'électromètre (2).

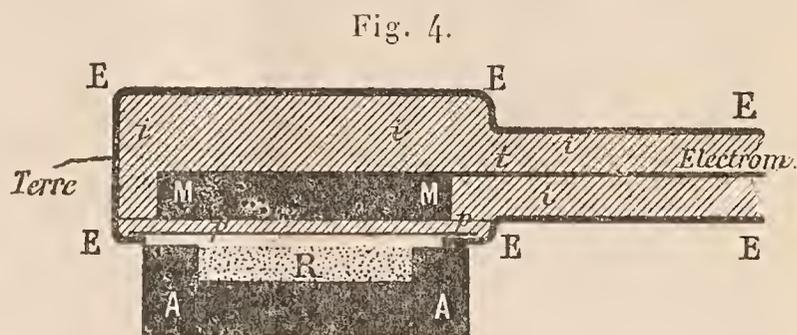
On pouvait déjà se rendre compte, d'après les expériences qui précèdent, que la charge des rayons du produit radiant employé était considérablement plus faible que celle des rayons cathodiques.

Pour constater un faible dégagement d'électricité sur le conducteur qui absorbe les rayons, il faut que ce conducteur soit bien isolé électriquement; pour obtenir ce résultat, il est nécessaire de le mettre à l'abri de l'air, soit en le plaçant dans un tube avec un vide très parfait, soit en l'entourant d'un bon diélectrique solide. C'est ce dernier dispositif que nous avons employé.

(1) A vrai dire, dans ces expériences, on observe toujours une déviation à l'électromètre, mais il est facile de se rendre compte que ce déplacement est un effet de la force électromotrice de contact qui existe entre le plateau relié à l'électromètre et les conducteurs voisins; cette force électromotrice fait dévier l'électromètre, grâce à la conductibilité de l'air soumis au rayonnement du radium.

(2) Le dispositif du cylindre de Faraday n'est pas nécessaire, mais il pourrait présenter quelques avantages dans le cas où il se produirait une forte diffusion des rayons par les parois frappées. On pourrait espérer ainsi recueillir et utiliser ces rayons diffusés, s'il y en a.

Un disque conducteur MM (*fig. 4*) est relié par la tige métallique *t* à l'électromètre; disque et tige sont complètement entourés de matière isolante *iiii*; le tout est recouvert d'une enveloppe



métallique EEEE qui est en communication électrique avec la terre. Sur l'une des faces du disque, l'isolant *pp* et l'enveloppe métallique sont très minces. C'est cette face qui est exposée au rayonnement du sel de baryum radifère R, placé à l'extérieur dans une auge en plomb (¹). Les rayons émis par le radium traversent l'enveloppe métallique et la lame isolante *pp* et sont absorbés par le disque métallique MM. Celui-ci est alors le siège d'un dégagement continu et constant d'électricité négative que l'on constate à l'électromètre et que l'on mesure à l'aide du quartz piézoélectrique.

Le courant ainsi créé est très faible. Avec du chlorure de baryum radifère très actif formant une couche de 2^{cm}², 5 de surface et de 0^{cm}, 2 d'épaisseur, on obtient un courant de l'ordre de grandeur de 10⁻¹¹ ampère, les rayons utilisés ayant traversé, avant d'être absorbés par le disque MM, une épaisseur d'aluminium de 0^{mm}, 01 et une épaisseur d'ébonite de 0^{mm}, 3.

Nous avons employé successivement du plomb, du cuivre et du zinc pour le disque MM, de l'ébonite et de la paraffine pour l'isolant; les résultats obtenus ont été les mêmes.

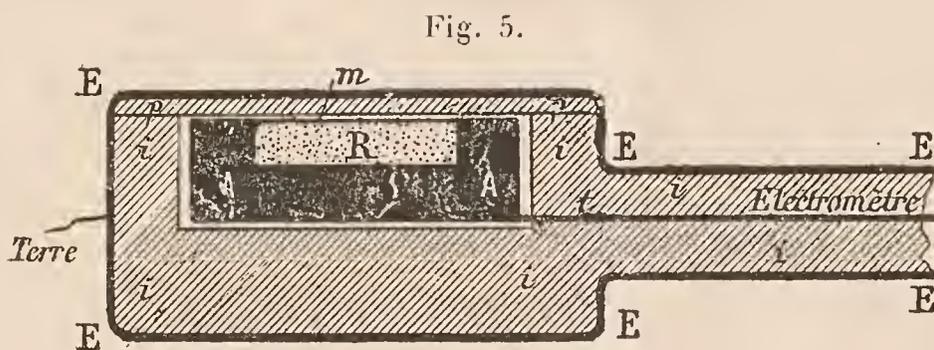
Le courant diminue quand on éloigne la source radiante R, ou quand on emploie un produit moins actif.

Nous avons encore obtenu les mêmes résultats en remplaçant le

(¹) L'enveloppe isolante doit être parfaitement continue. Toute fissure remplie d'air allant du conducteur intérieur jusqu'à l'enveloppe métallique est une cause de courant dû aux forces électromotrices de contact utilisant la conductibilité de l'air sous l'action du radium.

disque MM par un cylindre de Faraday rempli d'air, mais enveloppé extérieurement par une matière isolante. L'ouverture du cylindre, fermée par la plaque isolante mince *pp*, était en face de la source radiante.

Enfin nous avons fait l'expérience inverse, qui consiste à placer l'auge de plomb avec le radium au milieu de la matière isolante et en relation avec l'électromètre (*fig. 5*), le tout étant enveloppé par l'enceinte métallique reliée à la terre.



Dans ces conditions, on observe à l'électromètre que le radium prend une charge positive et égale en grandeur à la charge négative de la première expérience. Les rayons du radium traversent la plaque diélectrique mince *pp* et quittent le conducteur intérieur en emportant de l'électricité négative.

Les rayons non déviables du radium n'interviennent pas dans ces expériences, étant absorbés presque totalement par une épaisseur extrêmement faible de matière. La méthode qui vient d'être décrite ne convient pas non plus pour l'étude de la charge des rayons du polonium, ces rayons étant également très peu pénétrants. Nous n'avons observé aucun indice de charge avec du polonium, qui émet seulement des rayons non déviables, mais, pour la raison qui précède, on ne peut tirer de cette expérience aucune conclusion.

Ainsi, dans le cas des rayons déviables du radium, comme dans le cas des rayons cathodiques, les rayons transportent de l'électricité. Or, jusqu'ici on n'a jamais reconnu l'existence de charges électriques non liées à la matière. On est donc amené à se servir, dans l'étude de l'émission des rayons déviables du radium, de la même théorie que celle actuellement en usage pour l'étude des rayons cathodiques. Dans cette théorie balistique, qui a été formulée

par Sir W. Crookes, puis développée et complétée par M. J.-J. Thomson, les rayons cathodiques sont constitués par des particules matérielles extrêmement ténues qui sont lancées par la cathode avec une très grande vitesse et qui sont chargées d'électricité négative. On peut de même concevoir que le radium envoie dans l'espace des particules matérielles chargées négativement.

Un échantillon de radium qui serait isolé électriquement d'une façon parfaite se chargerait spontanément en peu de temps à un potentiel extraordinairement élevé. Dans l'hypothèse balistique, le potentiel augmenterait jusqu'à ce que la différence de potentiel avec les conducteurs environnants devînt suffisante pour empêcher l'éloignement des particules électrisées émises et amener leur retour à la source radiante.

Si le radium rayonne de la matière pondérable, il doit éprouver une perte de masse. Si le rapport de la charge électrique à la masse était le même que dans l'électrolyse, le radium, dans notre expérience, perdrait trois équivalents en milligrammes en un million d'années. Cette perte ne pourrait être appréciée à la balance.

Radioactivité induite. — Nous avons trouvé que toute substance placée dans le voisinage du radium acquiert elle-même une radioactivité qui peut persister pendant plusieurs heures et même plusieurs jours après l'éloignement du radium. Le même effet a été observé bien plus faible avec le polonium (1).

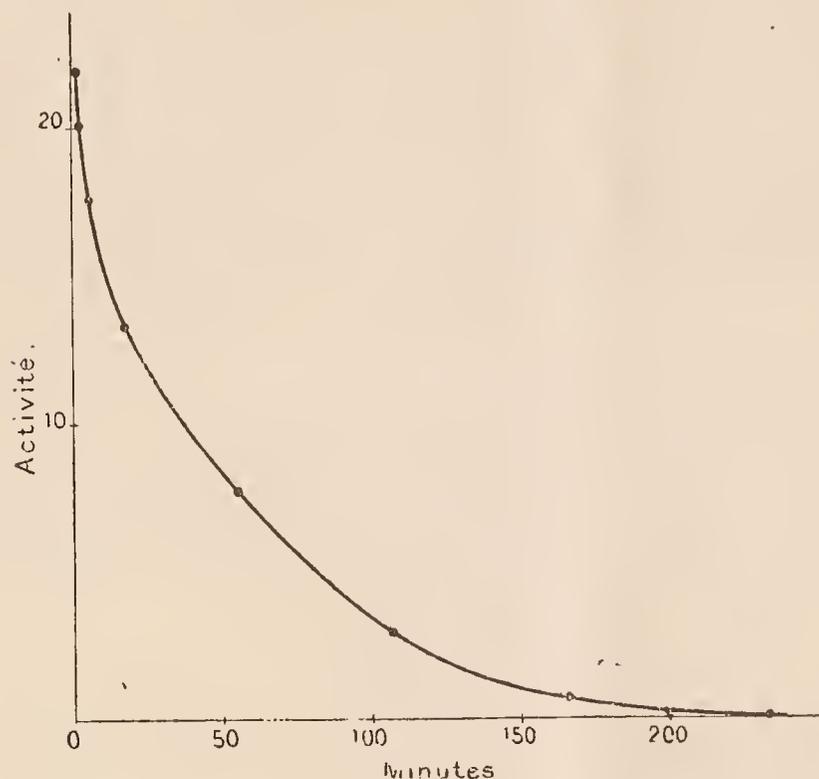
La *radioactivité induite* croît avec le temps pendant lequel agit le radium jusqu'à une certaine limite. Après que l'on a retiré le radium, elle décroît de même d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement, en suivant une loi asymptotique; elle tend à disparaître ou tout au moins à devenir très faible pour des temps suffisamment grands.

En exposant des disques métalliques divers à l'action du radium, on constate que la nature du métal ne semble pas avoir une importance prépondérante; on obtient des résultats du même ordre de grandeur avec le zinc, le laiton, le bismuth, le nickel, l'aluminium, le plomb.

(1) CURIE, *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 714; nov. 1899.

Voici une courbe (*fig. 6*) qui montre comment varie la radioactivité induite en fonction du temps quand on a soustrait la substance activée à l'action du radium. Cette courbe se rapporte à un disque en zinc de 8^{cm} de diamètre, qui s'est activé étant

Fig. 6.



placé en regard d'une surface de chlorure de baryum radifère de 4^{cm} de diamètre et à 3^{cm} de distance. L'échantillon de chlorure employé était environ deux mille fois plus actif que l'uranium; la radioactivité induite maximum est vingt fois celle de l'uranium ordinaire; elle décroît rapidement à partir du moment où l'on a éloigné le radium et, au bout de deux heures, elle est devenue huit fois plus faible.

On peut se demander si la radioactivité induite n'est pas due simplement au transport de la matière active sur la matière inactive voisine, ce transport pouvant se faire sous forme de poussières ou de vapeurs. Cette explication est improbable pour diverses raisons. Le transport de poussières ne semble pas compatible avec la disparition régulière et progressive de l'activité. D'autre part, on peut employer comme matière active le chlorure de baryum radifère, qui est soluble; on peut alors s'assurer que la radioactivité induite n'est pas détruite par un lavage soigné, à

l'eau, du disque activé; elle ne l'est pas davantage par un chauffage du disque, même à la température du rouge.

Il est possible de produire la radioactivité induite dans une substance en la soumettant à l'action du radium, ce dernier étant complètement enfermé dans une boîte métallique, et cela rend encore bien moins probable l'hypothèse d'un transport de matière ordinaire.

Les intensités des effets de radioactivité induite varient beaucoup avec l'échantillon du corps actif utilisé à activité égale; le chlorure de baryum radifère produit plus fortement cet effet que le carbonate. Certains échantillons de chlorure produisaient des effets très irréguliers, l'activité induite variant d'un jour à l'autre dans de très fortes proportions sans que nous ayons pu reconnaître la cause de ces variations.

Nous avons aussi opéré en établissant des différences de potentiel entre le corps activant et le corps activé; les résultats irréguliers obtenus ne nous permettent pas de dire si le champ électrique modifie l'intensité de la radioactivité induite.

Nous avons obtenu des effets de radioactivité induite très intenses en mettant des disques métalliques directement au contact du chlorure de baryum radifère; au bout d'un certain temps, on retirait les disques, on les lavait soigneusement et l'on étudiait leur courbe de radioactivité à l'électromètre. Nous avons obtenu ainsi des radioactivités qui, à la première mesure, étaient jusqu'à cent fois plus grandes que celle de l'uranium.

Les substances inactives que l'on introduit dans une dissolution renfermant un sel de radium très actif prennent généralement une forte radioactivité induite et la conservent après avoir été séparées du radium. Ce fait a été observé aussi bien par nous que par M. Giesel, qui a ainsi activé du bismuth (1). La difficulté de ces expériences consiste dans les soins extrêmes qu'il faut prendre pour éliminer le radium de la dissolution. L'expérience réussit très bien avec le bismuth.

M. Villard (2) a soumis à l'action des rayons cathodiques un morceau de bismuth placé comme anticathode dans un tube de

(1) *Société de Physique de Berlin*; janvier 1900.

(2) VILLARD, *Société de Physique*; juillet 1900.

Crookes ; ce bismuth a été ainsi rendu actif, à vrai dire, d'une façon extrêmement faible, car il fallait huit jours de pose pour obtenir une impression photographique. On pourrait donc ainsi créer la radioactivité sans faire intervenir une substance radio-active.

M. Rutherford (1) a obtenu des effets de radioactivité induite en se servant du thorium comme substance activante. Les résultats généraux sont les mêmes que ceux obtenus avec le radium. Cependant, d'après M. Rutherford, on obtient des effets particulièrement intenses en plaçant dans le voisinage du thorium un corps métallique de petite dimension (un fil de platine, par exemple) porté à un potentiel négatif de 500 volts tandis que le thorium est à la terre. L'activité induite se concentre sur le fil. En traitant celui-ci par l'acide sulfurique et en évaporant à sec, M. Rutherford obtient un résidu bien plus actif que le thorium.

Radioactivité induite du baryum. — M. Debierne (2) a obtenu des effets de radioactivité induite très intenses en utilisant comme substance activante l'actinium fortement actif, qui semble particulièrement propre à produire des effets de ce genre. Il a activé les sels de baryum en les maintenant en dissolution avec les sels d'actinium. Il a obtenu une activation encore plus grande en entraînant l'actinium dans un précipité de sulfate de baryte et en laissant les corps longtemps en contact. En retirant ensuite l'actinium comme il a été dit plus haut, le baryum reste actif si le contact a été suffisamment prolongé. On obtient ainsi des *sels de baryum activés*.

On peut se demander si les substances ainsi activées sont analogues aux substances radioactives ordinaires. Il y a là une question à résoudre, qui a une très grande importance étant donné le caractère atomique de la radioactivité ordinaire. M. Debierne a su aborder cette question et lui faire faire un grand pas en utilisant le chlorure de baryum activé par l'actinium dont nous venons de parler.

Le baryum activé possède en partie, mais en partie seulement, les propriétés du radium.

Le *baryum activé* reste actif après diverses transformations chimiques ; son activité est donc une propriété atomique. Le

(1) RUTHERFORD, *Phil. Mag.*; février 1900.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 333; 30 juillet 1900.

chlorure de baryum activé se fractionne comme le chlorure de baryum radifère, les parties les plus actives étant les moins solubles dans l'eau et l'acide chlorhydrique. M. Debierne a ainsi obtenu par fractionnement des produits mille fois plus actifs que l'uranium ordinaire. Le chlorure sec est spontanément lumineux. Il émet des rayons semblables aux rayons du radium. Ces rayons sont déviés dans le champ magnétique et provoquent la fluorescence.

Cependant ce *baryum activé* se distingue du radium en ce qu'il ne possède pas le spectre du radium ; à cette différence fondamentale vient s'en joindre une autre : l'activité du produit diminue avec le temps comme pour toutes les substances activées et, au bout de trois semaines, l'activité est trois fois plus faible qu'au début et continue à décroître.

M. Debierne obtient donc ainsi une substance qui a des propriétés intermédiaires entre celles du baryum et celles du radium.

Les résultats obtenus par M. Debierne sont très suggestifs au point de vue des idées que l'on peut se faire sur la nature des éléments chimiques.

Malheureusement, l'actinium qui sert dans ces recherches est encore plus rare que le radium dans les minerais d'urane, et la séparation en est encore plus pénible. Pour obtenir la petite quantité de thorium à actinium très actif dont il s'est servi, M. Debierne a utilisé les produits provenant d'une tonne de résidu d'urane dans le traitement dont nous avons parlé plus haut.

Dissémination des poussières radioactives. — Lorsque l'on fait des études sur les substances fortement radioactives, il est nécessaire de prendre des précautions particulières si l'on veut pouvoir continuer à faire des mesures délicates. Les divers objets employés dans le laboratoire de Chimie ne tardent pas à être tous radioactifs et à agir sur les plaques photographiques au travers du papier noir. Les poussières, l'air de la pièce, les vêtements sont radioactifs. Dans la salle d'études physiques, l'air de la pièce devient conducteur ; MM. Elster et Geitel attiraient dernièrement l'attention sur ce point ⁽¹⁾. Dans le laboratoire où nous travaillons, le mal est arrivé

(1) *Ann. der Physik*, juillet 1900.

à l'état aigu et nous ne pouvons plus avoir un appareil bien isolé.

Il y a donc lieu de prendre des précautions particulières pour éviter autant que possible la dissémination des poussières actives et pour éviter aussi les phénomènes d'activité induite.

Les objets employés en Chimie ne doivent jamais être emportés dans la salle d'études physiques, et il faut autant que possible éviter de laisser séjourner inutilement dans cette salle les substances actives. Avant de commencer ces études nous avons coutume, dans les travaux d'électricité statique, d'établir la communication entre les divers appareils par des fils métalliques isolés protégés par des cylindres métalliques en relation avec le sol, qui préservaient les fils contre toute influence électrique extérieure. Dans les études sur les corps radioactifs, cette disposition est absolument défectueuse ; l'air étant conducteur, l'isolement entre le fil et le cylindre est mauvais et la force électromotrice de contact inévitable entre le fil et le cylindre tend à produire un courant à travers l'air et à faire dévier l'électromètre. Il vaut mieux mettre tous les fils de communication à l'abri de l'air en les mettant, par exemple, au milieu de cylindres remplis de paraffine ou d'une autre matière isolante. Nous pensons qu'il y aurait aussi avantage à faire usage, dans ces études, d'électromètres *rigoureusement* clos.

Nature des rayons de Becquerel. — Le rayonnement de Becquerel est constitué par un mélange de rayons chargés d'électricité, déviables dans le champ magnétique, analogues aux rayons cathodiques, et de rayons non déviables par le champ magnétique et analogues aux rayons de Röntgen. Ce mélange n'a rien qui doive nous étonner. Dans les tubes à vide, les rayons X naissent à toute paroi frappée par les rayons cathodiques. D'autre part les rayons X en frappant les corps donnent naissance aux rayons secondaires étudiés par M. Sagnac, et ces rayons secondaires semblent formés eux-mêmes par un mélange de rayons non déviables et de rayons chargés d'électricité analogues aux rayons cathodiques (1). L'analogie est donc grande entre l'émission spontanée des corps radioactifs et les rayons secondaires des rayons de Röntgen. Cette ana-

(1) CURIE et SAGNAC, *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 1013; 9 avril 1900.

logie nous avait frappés dès le début de cette étude, et depuis elle n'a fait que s'accroître.

Mais la spontanéité du rayonnement est une énigme, un sujet d'étonnement profond.

Quelle est la source de l'énergie des rayons de Becquerel? Faut-il la chercher dans les corps radio-actifs eux-mêmes ou bien à l'extérieur?

Conformément à ce qui vient d'être dit, on pourrait considérer les rayons de Becquerel comme une émission secondaire due à des rayons analogues aux rayons X traversant tout l'espace et tous les corps.

Si l'émission, prise dans son ensemble, n'était pas une émission secondaire, cela pourrait être encore vrai pour l'un des deux groupes de rayons; on pourrait considérer comme rayons primaires soit les rayons non déviables, soit les rayons déviables.

Dans le premier cas, l'énergie pourrait être empruntée au milieu ambiant sous forme de chaleur, mais une semblable hypothèse serait en contradiction avec le principe de Carnot.

Dans le second cas, on pourrait avoir recours à l'hypothèse balistique telle qu'elle a été édiflée par Sir W. Crookes et M. J.-J. Thomson pour l'explication des propriétés des rayons cathodiques. Le radium émettrait d'une façon continue des particules extrêmement petites chargées d'électricité négative. L'énergie utilisable emmagasinée sous forme d'énergie potentielle se dissiperait peu à peu, et cette manière de voir conduirait nécessairement à ne plus admettre l'invariabilité de l'atome.

M. F. Guyon a constaté que le nerf érecteur sacré intervient dans la miction normale non seulement comme nerf moteur, mais encore comme nerf sensitif.

— M. Jolly expose ses recherches sur l'origine des globules blancs. — M. Laguesse envoie une note sur les variations de la graisse dans les cellules séreuses du pancréas.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Sir William Crookes, F. R. S. : La radio-activité de l'uranium. — Les recherches de M. H. Becquerel ont montré que les composés de l'uranium possèdent une propriété désignée aujourd'hui sous le nom de radio-activité. Lors de la découverte du polonium et du radium par M. et M^{me} Curie, on émit l'hypothèse que l'uranium devait sa radio-activité à la présence d'une petite quantité de ces deux corps, mais on crut reconnaître bientôt que la propriété d'émettre des rayons agissant sur une plaque photographique est caractéristique pour l'uranium ainsi que pour le thorium. C'est cette conclusion que l'auteur a cherché à vérifier.

Sir William Crookes a constaté que tous les minéraux contenant de l'uranium ou du thorium sont radio-actifs. Voici, par ordre d'intensité décroissante, ceux qu'il a expérimentés : 1. Pechblende; 2. Uranite; 3. Autunite; 4. Orangite; 5. Thorite; 6. Euxénite; 7. Samarskite; 8. Alvite; 9. Bröggerite; 10. Monazite; 11. Xénotime; 12. Arrhénite; 13. Sipilite; 14. Fergusonite; 15. Chalcolite; 16. Hielmite.

La pechblende est le minéral le plus radio-actif; mais l'intensité varie selon l'échantillon. D'une façon générale, l'action de la pechblende est proportionnelle à la quantité d'uranium qu'elle contient. Si l'on expose pendant 120 heures deux parties d'une plaque sensible à l'action de deux échantillons de pechblende en poudre, contenant l'un 43 %, l'autre 12 % de U_3O_8 , on constate que l'intensité de la tache sous le premier est au moins trois fois plus forte que sous le second. D'autre part, on peut vérifier que l'intensité de l'action est proportionnelle à la durée de l'exposition.

Dans le but de déterminer leur radio-activité, Sir W. Crookes a réuni les composés suivants de l'uranium : 1^o Uranium métallique (prêté par M. Moissan); 2^o Nitrate d'uranium $UO_2(AzO_3)_2 \cdot 6H_2O$; 3^o Acétate d'uranium; 4^o Persulfate d'uranium; 5^o Protosulfate d'uranium; 6^o Oxyde vert d'uranium $UO_2 \cdot 2UO_3$; 7^o Oxyde noir d'uranium $UO_2 \cdot UO_3$. Ces corps, placés pendant 24 heures sur des plaques photographiques, ont produit à peu près le même effet, à l'exception de l'uranium métallique dont l'action est moindre.

Pour servir d'étalon, l'auteur prépara du nitrate d'uranium très pur, en le dissolvant dans l'éther, puis en le soumettant à des cristallisations répétées. Or, il constata, à sa grande surprise, que le sel qui a subi ce traitement devient tout à fait inactif et n'impressionne plus la plaque photographique.

La radio-activité des composés de l'uranium est-elle donc sous la dépendance de quelque état physique, cristallin ou chimique particulier? Les expériences suivantes montrent qu'il n'en est rien : Du nitrate d'uranium du commerce solide ou en solution, cristallisé ou amorphe après fusion, avec son eau de cristallisation ou anhydre, soumis à différents degrés de décomposition par la chaleur, produit, à ces divers états, le même effet sur la plaque sensible. Les modifications des conditions physiques ou chimiques n'affectent donc pas la radio-activité d'un sel d'uranium qui la possède primitivement; d'autres expériences montrent inversement que rien ne peut communiquer la radio-activité à un sel inactif. Il devient donc évident que les propriétés radio-actives attribuées à l'uranium et à ses composés ne sont pas inhérentes à cet élément, mais résident dans un corps étranger qui peut en être séparé.

Cette séparation peut être poursuivie de la façon suivante : On verse de l'éther méthylique sur du nitrate

d'uranium commercial cristallisé; les cristaux se dissolvent par agitation et on obtient finalement deux couches distinctes, l'une inférieure aqueuse, l'autre supérieure éthérée. On sépare les deux solutions et on les évapore en même temps qu'une troisième solution du nitrate original dans l'eau. Le résidu sec provenant de la portion de nitrate non dissoute dans l'éther montre une très forte radio-activité, presque double de celle du nitrate original, tandis que le résidu de la solution éthérée est inactif. Les deux résidus, évaporés à siccité avec de l'acide nitrique et cristallisés dans l'eau, ne diffèrent pas extérieurement du sel initial.

Si l'on extrait de nouveau par l'éther le nitrate cristallisé qui a gardé la radio-activité, les mêmes phénomènes se reproduisent. La partie soluble dans l'éther est presque complètement inactive; le reste est très actif, deux fois plus que le résidu de la première extraction. L'éther dissout donc facilement le nitrate d'uranium, mais non le corps auquel il doit sa radio-activité.

Si l'on soumet la portion du nitrate d'uranium insoluble dans l'éther à une cristallisation fractionnée dans l'eau, on constate que les premiers cristaux déposés sont inactifs, et que le corps actif reste dans la liqueur-mère; après une dizaine de fractionnements, on obtient une liqueur-mère douée d'un très fort pouvoir radio-actif.

D'autres méthodes ont été essayées pour séparer la substance radio-active de l'uranium. Le nitrate d'uranium se décompose partiellement un peu au-dessus de son point de fusion; jeté dans l'eau, le nitrate non décomposé se dissout et il se dépose un nitrate basique insoluble. En employant cette méthode de fractionnement, on observe que le corps actif s'accumule dans la portion basique; mais la concentration n'est pas aussi rapide que par la méthode précédente.

Si du nitrate d'uranium très actif préparé par fractionnement est dissous dans l'eau et qu'on y ajoute de l'ammoniaque en excès, il se précipite de l'uranate d'ammonium jaune. On constate que la radio-activité réside dans ce précipité; le filtratum évaporé à siccité avec de l'acide nitrique n'a plus d'influence sur la plaque sensible. Le corps actif est donc précipité par l'ammoniaque et il n'est pas soluble dans un excès.

Si l'on ajoute un excès de carbonate d'ammonium à une solution de nitrate actif, le précipité formé se redissout presque entièrement en laissant une petite quantité d'un précipité floconneux brun clair qui se rassemble par la chaleur. Ce dernier est doué d'une très forte radio-activité et doit contenir presque tout le corps actif; cependant celui-ci n'est pas complètement insoluble dans le carbonate d'ammoniaque, car le filtratum reprécipité possède encore une légère radio-activité.

Sir William Crookes estime que ces dernières expériences prouvent définitivement que la radio-activité de l'uranium et de ses sels n'est pas une propriété de cet élément, mais appartient à un corps étranger, qu'il désigne provisoirement par le symbole UrX. Pour en déterminer la nature, il l'a d'abord comparé aux autres substances radio-actives qui ont déjà été retirées de la pechblende.

Du nitrate basique de polonium et du nitrate d'UrX actif ont été comparés au point de vue du pouvoir de pénétration de leurs radiations. Le rayonnement du polonium n'a pas traversé le verre, l'aluminium et le plomb, tandis que celui de l'élément UrX, comme celui du radium d'ailleurs, les traverse. Le polonium est très volatil; le corps UrX l'est très peu, même aux plus hautes températures. Le polonium est précipité par l'acide sulfhydrique en solution acide; le nouvel élément ne l'est ni en solution acide ni en solution neutre. On peut donc conclure que le corps UrX diffère du polonium.

Il est plus difficile de dire que UrX se distingue du radium, quoique plusieurs de leurs réactions chimiques diffèrent. Le sulfate de radium est insoluble dans l'eau et les acides; le sulfate d'UrX se dissout aisément dans

l'acide sulfurique dilué. Les sels de radium ne sont pas précipités par le sulfure d'ammonium et l'ammoniaque; les sels d'UrX le sont. L'examen spectral n'a pas conduit à des conclusions aussi précises. M. Demarcay indique la ligne 3814,7 comme très caractéristique du radium; aucun des sels d'UrX ne la présente, mais on ne l'a pas trouvée non plus dans les échantillons de radium de Sir W. Crookes.

Les expériences spectrales n'ayant pas abouti à un résultat satisfaisant, Sir W. Crookes a cherché à établir une différence entre le radium et l'élément UrX en s'en servant comme matière radiante. Placés dans un tube de verre dans lequel on a fait le vide et où l'on produit une forte étincelle d'induction, les composés d'UrX deviennent phosphorescents avec une belle couleur bleue; au spectroscopie, on n'observe aucune discontinuité du spectre de phosphorescence. Dans les mêmes conditions, les sels du radium deviennent phosphorescents avec une couleur rose; le spectroscopie montre une concentration de lumière dans le rouge-orange et une bande fine dans le jaune clair, probablement due à une trace d'yttrium.

M. A. Debiere a récemment annoncé la découverte d'un troisième élément radio-actif dans la pechblende, élément qu'il désigne sous le nom d'actinium. Il annonça d'abord qu'il présentait la plupart des réactions du titane, puis, l'ayant amené à un plus grand état de concentration, il observa qu'il contenait une grande quantité de thorium. Sir W. Crookes a cherché de son côté s'il est possible de séparer les composés actifs du thorium en un corps très actif et un corps inactif. La précipitation fractionnée des sulfates à chaud a donné une tête et une queue dont les actions respectives sur la plaque photographique ne présentent pas de différence appréciable.

L'auteur a essayé la cristallisation fractionnée du nitrate de thorium en suivant la même méthode que pour l'uranium. Il a rencontré de grandes difficultés, provenant de la tendance des solutions concentrées de nitrate de thorium à rester sursaturées pendant plusieurs jours, puis à cristalliser subitement en masse. Il a néanmoins obtenu, après six fractionnements, deux séries de nitrates qu'il a fait agir sur la plaque sensible pendant 120 heures. La première série (cristaux) a produit une très faible action; la seconde série (liqueurs-mères) a donné une impression environ trois fois plus forte. On entrevoit donc la possibilité de séparer du thorium sa substance radio-active.

Sir William Crookes conclut qu'en l'état actuel de nos connaissances sur les substances radio-actives, il faut se montrer réservé. Nous reconnaissons ces substances par leurs propriétés photographiques et électriques; ces réactions sont si sensibles qu'elles donnent de bons résultats, même quand le corps actif est, en si petite quantité qu'il ne peut être décelé par son spectre, — une des réactions les plus délicates cependant. Si nous nous rappelons la tendance qu'ont les corps chimiques à être entraînés par les précipités formés en leur présence, il n'est pas étonnant que le radium et l'actinium, pour ne rien dire de l'élément UrX, simulent des éléments qui peuvent être reconnus plus tard comme très différents d'eux au point de vue chimique. Par exemple, l'UrX se dissout aisément dans l'acide sulfurique et donne donc un sulfate soluble; si l'on mélange de l'UrX à du chlorure de baryum et qu'on ajoute de l'acide sulfurique, le sulfate de baryum précipité a une forte radio-activité, ce qui prouve qu'il a entraîné de l'UrX.

On peut faire une autre remarque: la réaction photographique a un grand avantage: elle est cumulative. Si un minéral ou un précipité radio-actif n'a pas d'action apparente sur la plaque photographique au bout d'une heure, il peut en avoir une au bout de vingt-quatre heures; si un jour d'exposition ne donne rien, une semaine donne quelque chose. Considérant que l'UrX le plus actif ne contient pas assez de matière active pour qu'on voie son spectre, et que cependant il

est assez puissant pour donner une action sur une plaque au bout de cinq minutes, il est probable que sa dilution dans des composés qui, après une heure, un jour ou une semaine

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE

Séance du 22 Juin 1900.

M. P. Chappuis communique quelques résultats de ses recherches sur la thermométrie à gaz. Ayant été amené à constater que l'hydrogène ne peut être employé comme matière radiante pour la thermométrie aux hautes températures, son action sur les parois des tubes de verre a conduit à un thermomètre à azote à volume constant dont la pression initiale était un peu au-dessus de 800 millimètres. La valeur du coefficient de dilatation de l'azote à volume constant est variable jusqu'à 80° C. puis augmente lentement. Au-dessus de 100° C. se comporte comme l'hydrogène ordinaire, sa compressibilité étant telle qu'il ne le voudrait la loi de Boyle. Une table de corrections a donc été préparée. Les lectures du thermomètre à azote à volume constant sont trop basses, les corrections sont faibles et ne s'élèvent qu'à 0,04 C. à la température d'ébullition du soufre. Le résultat moyen des déterminations de l'auteur au point d'ébullition est de 445,2 sous 760 millimètres de pression. Callendar et Griffiths ont trouvé pour un thermomètre à air à pression constante une correction peut être attribuée à plusieurs causes. 1° Les corrections pour un thermomètre à volume constant sont le double de celles d'un thermomètre à volume constant; la correction appliquée par Callendar et Griffiths l'augmenterait de 0,04 C. et Griffiths ont employé pour la constante une valeur plus élevée que celle donnée par les récentes expériences; en adoptant cette valeur, le point d'ébullition monterait à 445,2 C. Cette correction peut être due à l'expansion du tube de verre qui détermine cette dernière le plus exactement par la méthode interférentielle de Fizeau. L'auteur a essayé pour déterminer le coefficient de dilatation de l'azote des pièces de porcelaine entre 0° et 100°; mais la dilatation à 450° peut causer des erreurs. L'auteur a également déterminé la dilatation linéaire du verre par la méthode du comparateur; l'homogénéité de la porcelaine est douteuse, surtout quand elle est soumise à de grandes divergences qui existent dans les conditions obtenues par les deux méthodes précédentes. Les corrections dues au changement de forme du tube de verre pendant les expériences. M. Chappuis a constaté que comme plus certaine sa valeur du point d'ébullition du soufre, obtenue d'après la dilatation du tube de Fizeau; il reconnaît toutefois l'incertitude de l'application du coefficient de dilatation à un intervalle quatre fois plus grand que celui auquel il a été déterminé. M. Callendar a constaté que M. Chappuis qu'il lui est impossible d'attribuer la correction qu'il fait à ses observations, L'auteur a constaté que le coefficient de dilatation du gaz est variable avec le changement de volume du réservoir et de dilatation du mercure. Ce dernier est de 0,000.182.46 d'après Regnault, de 0,000.182.56 d'après les expériences de M. Chappuis avec un tube en verre. L'auteur a fait une différence qui n'est pas inférieure à celle du coefficient fondamental de dilatation du soufre suivant qu'on adopte le résultat originel ou celui de Chappuis pour la dilatation du soufre en verre. L'importance du changement de forme du ballon a bien été mise en évidence par l'auteur qui a tenu compte dans sa détermination du point d'ébullition du soufre en 1890; malheureusement le verre doux et le changement de volume du ballon grand pour pouvoir être déterminé très exactement. D'autre part, M. Callendar ne considère pas le verre comme un bon matériel, à cause de sa dilatation quand l'action dure six semaines.

L'action de l'émanation du radium sur les éléments du groupe du carbone. — On sait le retentissement considérable qu'ont eu, il y a deux ans, les expériences de Sir William Ramsay relatives à l'émanation du radium sur le cuivre. D'après les résultats considérables d'énergie de l'aimantation : 600; largeur de l'entrefer : 0^{mm},5.

CR 4 mars 1901 -

se provoqua par le
ce ont établi
place dans
un radifol
cette radio-acti
ement d'un sel
lentement
etique

§ 6. — Chimie physique
Par les travaux de Curie

Un nouveau corps radio-actif, le Radio-thorium. — Nos lecteurs n'ont point manqué de noter la brève allusion faite par Sir W. Ramsay, au cours de son récent article, à un nouveau corps radio-actif, le radio-thorium, dont on lui doit la découverte. En attendant l'exposé définitif de cette fructueuse recherche de l'illustre chimiste, nous sommes heureux de pouvoir donner déjà quelques indications provisoires sur cette découverte pleine de promesses, annoncée pour la première fois au monde savant lors du dernier Congrès international de Radiologie.

Au commencement de l'année 1904, un échantillon d'un minerai de Ceylan fut soumis à Sir W. Ramsay. La forme de ce minerai était apparemment cubique, sa densité était supérieure à 9; une expérience immédiate montra qu'il donnait 9 centimètres cubes d'hélium par gramme, alors que la clévéite n'en fournit que 2,5. Ce minéral était fortement radio-actif, et une analyse, faite par M. Dunstan, révéla un mélange de terres rares, dont l'oxyde de thorium formait les sept dixièmes, d'où le nom de *thorianite* qui lui fut donné.

La forte radio-activité et la présence abondante de l'hélium devaient nécessairement inciter à traiter la thorianite en vue de l'extraction du radium, qui fut recherché par les procédés ordinaires. Mais alors apparut, dans des expériences conduites par M. Hahn, ce fait curieux et nouveau que, dans les cristallisations fractionnées qui furent entreprises, la radio-activité se massait dans les fractions extrêmes, alors que les parties moyennes étaient moins radio-actives. Les parties les moins solubles furent reconnues contenir du radium, tandis que les plus solubles renfermaient un autre corps radio-actif, qui fut désigné sous le nom de radio-thorium.

L'étude de ce corps conduisit à trouver que la radio-activité de son émanation diminue de moitié en cinquante-cinq secondes, exactement comme pour celle du thorium; la même égalité se retrouve pour les radio-activités induites.

Si l'on enveloppe de papier quelques milligrammes d'une forte préparation de radio-thorium, l'écran de sulfure de zinc placé dans son voisinage donne une scintillation comme celle du spintariscope. L'émanation qui s'en échappe s'élève dans l'air, et actionne un écran placé au-dessus, tandis qu'elle est sans effet sur un écran situé plus bas. Cette émanation se comporte donc, à ce point de vue, comme celle de l'actinium de M. Debierne ou de l'émanium de M. Giesel, dont l'identité avec l'actinium a été déjà mise en évidence par des expériences dont il a été rendu compte dans la *Revue*.

Le pouvoir radio-actif du radio-thorium est environ un demi-million de fois plus élevé que celui du thorium. A l'électroscope, il paraît deux fois moins actif que le radium; mais cette comparaison se rapporte aux rayons β , dont le radio-thorium est relativement moins riche que le radium.

Sir W. Ramsay considère comme très probable la production de l'hélium de la thorianite par la décomposition du radio-thorium. L'hélium apparaîtrait ainsi comme le terme final de toutes les radio-activités.

91 -

un sel solide de
radium vent
un rayonnement
nuire en de
neut & soluti

mylet
H. de mercur

54-1314

t
f
r
C
ti
M
le
lo
fo
cl
pi
su
le
co
pe
m
sit
tic

..... de la bobine d'aimantation : 600 ; largeur de l'entrefer : 0^{mm},5.

§ 6. — Chimie physique
par Ed. Heuyer 18 octobre 1904

Un nouveau corps radio-actif, le Radio-thorium. — Nos lecteurs n'ont point manqué de noter la brève allusion faite par Sir W. Ramsay, au cours de son récent article, à un nouveau corps radio-actif, le radio-thorium, dont on lui doit la découverte. En attendant l'exposé définitif de cette fructueuse recherche de l'illustre chimiste, nous sommes heureux de pouvoir donner déjà quelques indications provisoires sur cette découverte pleine de promesses, annoncée pour la première fois au monde savant lors du dernier Congrès international de Radiologie.

Au commencement de l'année 1904, un échantillon d'un minerai de Ceylan fut soumis à Sir W. Ramsay. La forme de ce minerai était apparemment cubique, sa densité était supérieure à 9 ; une expérience immédiate montra qu'il donnait 9 centimètres cubes d'hélium par gramme, alors que la clévéite n'en fournit que 2,5. Ce minéral était fortement radio-actif, et une analyse, faite par M. Dunstan, révéla un mélange de terres rares, dont l'oxyde de thorium formait les sept dixièmes, d'où le nom de *thorianite* qui lui fut donné.

La forte radio-activité et la présence abondante de l'hélium devaient nécessairement inciter à traiter la thorianite en vue de l'extraction du radium, qui fut recherché par les procédés ordinaires. Mais alors apparut, dans des expériences conduites par M. Hahn, ce fait curieux et nouveau que, dans les cristallisations fractionnées qui furent entreprises, la radio-activité se massait dans les fractions extrêmes, alors que les parties moyennes étaient moins radio-actives. Les parties les moins solubles furent reconnues contenir du radium, tandis que les plus solubles renfermaient un autre corps radio-actif, qui fut désigné sous le nom de radio-thorium.

L'étude de ce corps conduisit à trouver que la radio-activité de son émanation diminue de moitié en cinquante-cinq secondes, exactement comme pour celle du thorium ; la même égalité se retrouve pour les radio-activités induites.

Si l'on enveloppe de papier quelques milligrammes d'une forte préparation de radio-thorium, l'écran de sulfure de zinc placé dans son voisinage donne une scintillation comme celle du spintariscope. L'émanation qui s'en échappe s'élève dans l'air, et actionne un écran placé au-dessus, tandis qu'elle est sans effet sur un écran situé plus bas. Cette émanation se comporte donc, à ce point de vue, comme celle de l'actinium de M. Debierne ou de l'émanium de M. Giesel, dont l'identité avec l'actinium a été déjà mise en évidence par des expériences dont il a été rendu compte dans la *Revue*.

Le pouvoir radio-actif du radio-thorium est environ un demi-million de fois plus élevé que celui du thorium. A l'électroscope, il paraît deux fois moins actif que le radium ; mais cette comparaison se rapporte aux rayons β , dont le radio-thorium est relativement moins riche que le radium.

Sir W. Ramsay considère comme très probable la production de l'hélium de la thorianite par la décomposition du radio-thorium. L'hélium apparaîtrait ainsi comme le terme final de toutes les radio-activités.

t
f
l
r
C
ti
M
le
lo
fo
cl
pi
su
le
co
pe
m
sit
tic

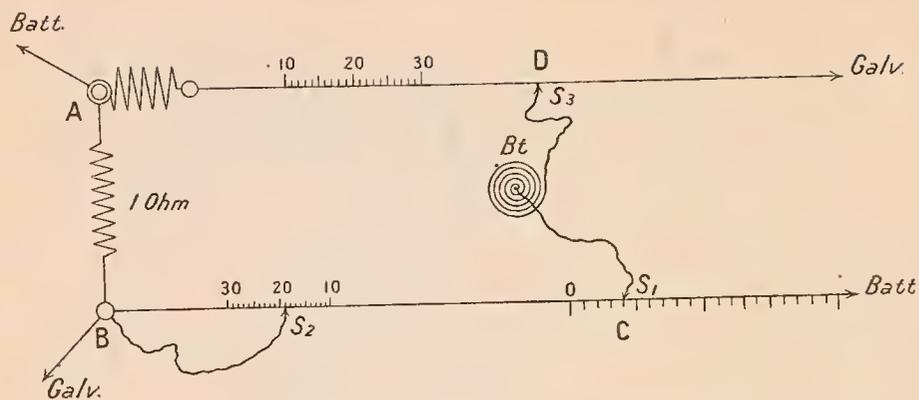
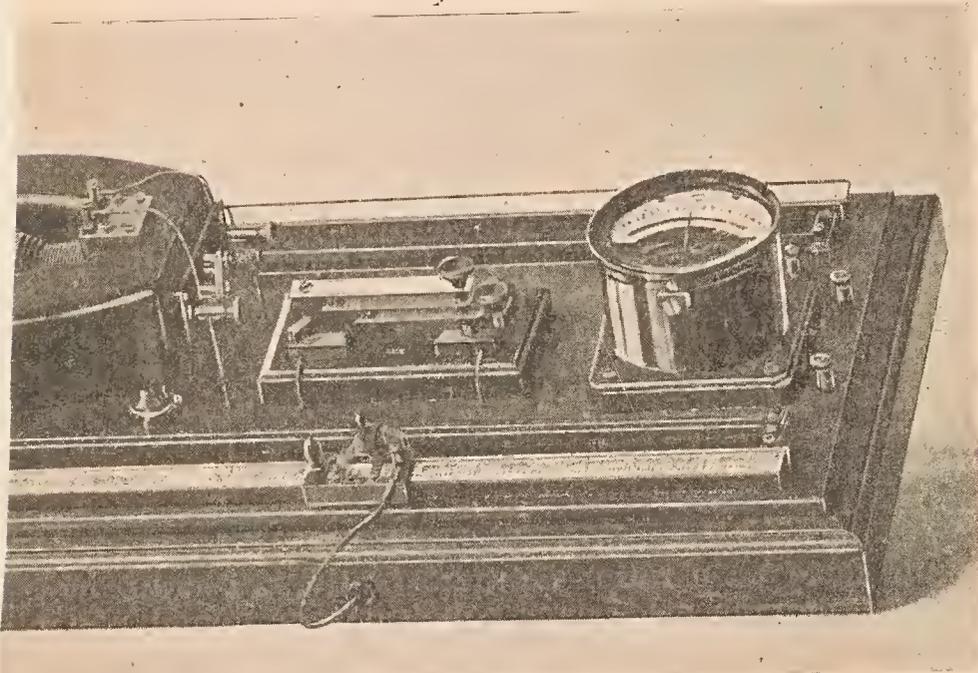


Fig. 2. — Pont de Wheatstone pour la mesure de la variation de la résistance de la spirale de bismuth.

La largeur de l'entrefer connue, on peut déduire sans peine une seconde courbe ayant seulement trait au fer du barreau qu'on examine. Pour des mesures exigeant une certaine précision, il faut tenir compte de la température, qui influence les valeurs obtenues à l'aide de la spirale de bismuth. Il est donc bon de veiller à ce que le courant de mesure dans le pont soit aussi faible que possible, à ce qu'on ne le ferme que juste le temps nécessaire, et à ce qu'on ne ferme pas plus longtemps qu'il n'est besoin le circuit magnétisant, pour éviter



la détermination des qualités magnétiques du fer.

te | l'échauffement de la spirale de bismuth pendant la
 ie | mesure.

re | Si la température, lors de la mesure, diffère quelque
 o- | peu de celle qu'on obtient lors de l'étalonnage de la
 ux | spirale, on peut recourir à la formule :

$$\left(\frac{W^f - W_0}{W_0}\right) t' = \frac{W^f - W_0}{W_0} [1 + \alpha(t' - t)],$$

ux | $t' - t$ désignant la différence entre les températures
 ux | de mesure et d'étalonnage; $\alpha = 0,014$.

en | L'appareil complet (fig. 3) combiné pour l'examen du fer
 nt, |
 de |

L'action de l'émanation du radium sur les éléments du groupe du carbone. — On sait le retentissement considérable qu'ont eu, il y a deux ans, les expériences de Sir William Ramsay relatives à l'action de l'émanation du radium sur le cuivre. D'après le savant anglais, la quantité considérable d'énergie emmagasinée dans l'émanation produit une véritable *désagrégation* de l'atome de cuivre, qui est réduit en éléments de poids atomique moins élevé appartenant à la même famille dans la classification de Mendéléeff. En fait, Sir William Ramsay annonçait avoir trouvé, parmi les produits de l'action de l'émanation sur le cuivre, de faibles quantités de potassium, de sodium et de lithium. M^{me} Curie, qui a repris ces expériences, n'a pu, il est vrai, les confirmer, et a signalé certaines causes d'erreurs dans le mode opératoire du savant anglais; mais Sir William Ramsay a recommencé son travail en se mettant à l'abri des critiques de M^{me} Curie et il a maintenu intégralement ses conclusions. En même temps, il se préoccupait de généraliser sa découverte, en l'étendant à d'autres familles naturelles, et il vient de faire paraître, sur ce sujet, une communication¹ qui ne cède en rien, en intérêt, à ses précédents travaux.

Sir William Ramsay s'est adressé, cette fois, à un certain nombre d'éléments de la famille du carbone : Si, Ti, Zr, Th, Pb; si son hypothèse est exacte, ceux-ci, sous l'influence de l'émanation, doivent se désagréger et donner des éléments plus simples de la même famille, en particulier du carbone.

Voici exactement le mode opératoire suivi par l'auteur et son collaborateur, M. F.-L. Usher : L'émanation est pompée, avec le gaz tonnant qui l'accompagne, d'une solution de bromure de radium contenant 0 gr. 244 de radium métallique. Le gaz produit dans le cours d'une semaine s'élève à environ 25 centimètres cubes et contient 0,0912 centimètre cube d'émanation. Après explosion du gaz tonnant, il reste environ 1/2 centimètre cube; celui-ci est recueilli dans un petit tube en verre recouvert de potasse caustique fondue. Au bout d'une heure, le gaz, débarrassé d'acide carbonique, est introduit dans un flacon de verre où l'on a fait le vide et qui contient la solution à soumettre à l'action de l'émanation. Le contenu du flacon a été abandonné pendant quatre semaines, temps au bout duquel l'énergie de l'émanation est complètement épuisée. Les gaz sont alors pompés et analysés.

Or, parmi ces gaz, on a trouvé constamment du carbone sous forme d'anhydride carbonique ou d'un mélange d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone. Voici la quantité de carbone produite aux dépens des diverses solutions par un millimètre cube d'émanation :

<i>éléments du groupe de carbone</i>		CARBONE (MGR.)
<i>Soustractions des élém. carb.</i>		—
Solution de	H ² SiF ⁶	0,518
—	Ti(SO ⁴) ²	0,982
—	Zr(AzO ³) ⁴ } I	1,071
	} II	0,873
—	Th(AzO ³) ⁴ } I	2,93
	} II	0,968
—	Pb(ClO ³) ²	0,102

Rec. chim. 30 oct 1902

¹ *Berichte der deutsch. chem. Ges.*, t. XLII, p. 2930.

seil des *trustees* ou administrateurs, et un vaste *auditorium*; amphithéâtre où se font des conférences publiques sur l'actualité scientifique. C'est là également que s'emmagasinent et se vendent toutes les publications de l'Institution.

A Tumamoc Hill, près de Tucson, dans l'Arizona, on a installé le *Laboratoire de Botanique désertique*; c'est le seul établissement de ce genre dans le monde. On étudie là les conditions de développement, de reproduction, de distribution, de migration et de variation de la flore du désert. Ce laboratoire, ou plutôt cette « station », comprend de nombreuses et très grandes serres, de vastes laboratoires, d'énormes jardins et champs d'expériences; en tout, il occupe une superficie de 350 hectares. On y étudie notamment l'acclimatation des autres flores. Cette station a pour directeur le Dr Daniel T. Macdougall, ancien directeur du Jardin botanique de New-York.

La station a pour annexes des plantations expérimentales de flore alpestre dans les montagnes de Santa Catalina, qui sont peu distantes; ces plantations se font à 2.000 ou 3.000 mètres d'altitude.

Le résultat de tous ces travaux sera une meilleure mise en valeur du sol de la région.

Ce laboratoire a été fondé en 1904, et ses publications ont une telle valeur qu'il a déjà fallu en réimprimer une seconde édition.

Le *Département de l'Evolution expérimentale*, qui étudie, sur les plantes et sur les animaux, les problèmes de l'hérédité, de l'hybridisation, de la mutation, etc., possède à Cold Spring Harbor, près de New-York, un laboratoire biologique, une ferme, des champs de culture, etc. Le directeur est M. le Dr Charles B. Davenport, ancien professeur de Zoologie à l'Université de Chicago. Ce laboratoire a été inauguré officiellement en 1904, sous la présidence de M. le Professeur Hugo de Vries.

Quelquefois, les travaux exécutés dans ce laboratoire empruntent la collaboration de la Station biologique, toute voisine, de l'Institut de Brooklyn, et celle du Jardin botanique de New-York.

Il existe un *Laboratoire de Biologie marine*, dans l'île Tortugas, près de la côte de la Floride; le directeur en est M. Alfred G. Mayer. Dans ce laboratoire, on étudie surtout la faune marine du golfe du Mexique et de la mer des Caraïbes, ainsi que celle de la portion tropicale du Gulf-Stream.

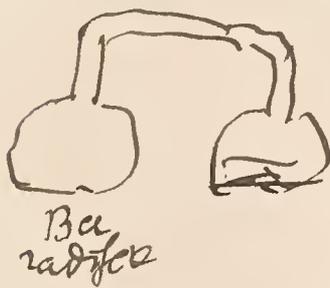
Cette station possède des habitations démontables, pour les savants étrangers qui veulent venir étudier sur place cette partie de la Biologie. Toutes les Universités américaines et plusieurs Universités d'Europe ont eu de leurs membres qui ont travaillé là; c'est ainsi que M. le Dr Robert Hartmayer, directeur du Muséum zoologique de Berlin, a fait une saison de deux mois, pendant l'été de 1907, sur les côtes de la Floride.

Sur une colline voisine de Washington, et bien isolé cependant, s'élève le *Laboratoire de Physique du Globe*, qui comprend un vaste bâtiment de trois étages. Cette construction, inaugurée en 1906, a coûté, installation comprise, 150.000 dollars (750.000 fr.). Le directeur de la station est M. le Dr Arthur L. Day.

Un détail, qui montrera que les institutions de la *Carnegie* jouissent d'une grande réputation: c'est à ce laboratoire de Physique du Globe que M. le Dr George F. Becker a fait ses recherches, pour le Service géolo-

Curie et Debierne CR 4 mars 1901 -
 Radio-activité induite provoquée par les
 sels de radium - M^e & M^{me} Curie ont établi
 que 'une substance quelconque placée dans
 le voisinage d'un sel de baryum radifère
 devient elle-même radio-actrice: cette radio-activité
 persiste longtemps après l'éloignement d'un sel
 de baryum radifère en diminuant lentement
 on l'étudie par la méthode électrique

Curie et Debierne CR 2 déc 1901 -
 Radio-activité induite



3u S phosphoreux
 devient aussi
 lumineux à
 la lumière

} un sel solide de
 radium rend
 les crys radio-actifs
 de même en de
 la même solution

suite CR - 25 mars 1902 -
 Des gaz tout aussi actifs
 le phosphore une d'le vide complet
 ou presque complet $\frac{1}{1000}$ de mill de mercure.

Voir nos. de ce sujet
 CR 1^{re} série 1901 pages 223-364-1314

Spectroscopie de l'W. Crookes -
Proc. Roy. Soc. London 1909 en.

Grain de sel de radium maintenu à l'extrémité
d'un fil métallé en face d'un écran à ZnS phosphorescent
de grand radium est très près de l'écran $\frac{1}{2}$ millimètre
et on regarde l'écran avec une loupe

On voit alors un véritable pluie de points lumineux
qui apparaissent et disparaissent continuellement
= vrai ciel étoilé...

Les courants d'air ne troublent pas le phénomène:
il se produit de l'air - un écran, même très simple
posé sur le radium et le sulfure, le supprime -
il paraît du aux rayons α les plus absorbés du radium

On peut imaginer que l'apparition d'un des
points lumineux de l'écran à ZnS est provoquée par le
choc d'un seul des électrons. Alors le phénomène serait
capable de nous révéler l'action individuelle de chaque électron

Projet de physique: 16 avril 1903 / Pagnet
Recherches récentes sur les corps radioactifs in Curie
On en connaît 5 substances radioactives dites
U - Th - radium - polonium - actinium

de plus un 6^e élément qui se trouve à la surface
du sol des phénomènes radioactifs provoqués par
une émanation s'échappant.

Quelque du radium comme élément nouveau
bien démontrée. P^{at} atomique 228 (in Curie)

Place dans le tableau de Mendeleef.

Spèce d'élément du ~~groupe~~ ^{groupe} étudié par Demarcq

Les rayons émis par le radium peuvent être divisés en trois groupes. Les rayons α très peu pénétrants et analogues aux rayons canaux, les rayons β analogues aux rayons cathodiques, les rayons γ analogues aux rayons de Röntgen. D'après Kaufmann certains rayons β ont des vitesses voisines de celle de la lumière, les rayons β seraient constitués par des électrons dont la masse résulterait uniquement des phénomènes électromagnétiques. La masse de ces électrons tendrait vers l'infini quand la vitesse se rapproche de celle de la lumière.

Le radium dégage de la chaleur d'une façon continue; le dégagement est voisin de 100 petites calories par gramme de radium et par heure.

Les effets physiologiques des rayons du radium étudiés jusqu'ici sont de trois espèces: 1^o effets de luminosité par l'action des rayons sur l'œil fermé; 2^o brûlures provoquées par l'action des rayons sur l'épiderme; 3^o paralysies provoquées par l'action des rayons sur les centres nerveux (Danzs).

M. Curie décrit ensuite d'une façon assez détaillée les phénomènes de *radioactivité induite*. — Les corps placés dans une enceinte close avec un sel solide, ou mieux avec une solution d'un sel de radium deviennent eux-mêmes au bout d'un certain temps radioactifs. L'activité induite n'est pas provoquée par le rayonnement direct du radium mais par quelque chose qui se propage de proche en proche dans l'air et dans le vide. Tous les

corps solides placés dans les mêmes conditions s'activent de la même manière.

Les corps activés, retirés de l'enceinte, se désactivent suivant une loi d'allure exponentielle qui a été étudiée, l'activité diminue de moitié environ en 28 minutes. Un tube activé intérieurement par le radium, puis scellé et séparé du corps activant; perd son activité suivant une loi exponentielle mais beaucoup plus lentement, l'activité diminue de moitié en 4 jours; c'est alors l'énergie radioactive emmagasinée dans le gaz qui entretient l'activité des parois.

Les lois de la désactivation ont été étudiées dans des conditions très variées et ont montré l'existence de constantes de temps susceptibles d'être déterminées avec précision et caractérisant chaque forme de l'énergie radioactive. L'activité emmagasinée dans les gaz (émanation de Rutherford) diminue de moitié en 4 jours dans le cas de l'activation par le radium, elle diminue de moitié en 1,2 minutes dans le cas de l'activation par le thorium, de moitié en une seconde environ dans le cas de l'activation par l'actinium. Les corps solides activés perdent leur activité en dehors de l'enceinte activante en 28 minutes dans le cas de l'activation par le radium, en 11 heures dans le cas de l'activation par le thorium, en 36 minutes dans le cas de l'activation par l'actinium.

Il y a enfin d'autres formes d'activité induite à évolution extrêmement lente avec lesquelles l'activation met des mois à se produire et des années à disparaître.

L'activation des surfaces solides semble se produire par un rayonnement de centres activants situés dans l'espace qui les environne. D'après M. Debièvre, dans le cas de l'actinium, ces rayons activants sont déviés par un champ magnétique.

Les émanations au centre activants des gaz se condensent dans l'air liquide comme des gaz liquéfiables.

M. Curie rappelle deux des hypothèses émises dès le début de ces études pour expliquer les phénomènes radioactifs: 1^o on peut admettre que les atomes des corps simples sont en voie d'évolution et se transforment. Cette évolution bien que très lente met en jeu des quantités notables d'énergie; 2^o l'énergie dégagée par les corps radioactifs est empruntée à un rayonnement qui traverse l'espace.

La présence du radium se révèle surtout en rendant
l'air ambiant conducteur de l'électricité

Brunelle
D'après le Procès
de Curie et de Javoy
15 nov 1903
ce serait 257
mais ce nombre est
obténu par les relations
spectroscopiques.

Chaleur dégagée spontanément par
les sels de radium;

Curie et Laborde CR 16 mars 1907

Un gramme de radium dégage une
qq. chaleur qui est l'ordre de cent petites
calories par heure — simple notation 22 gr
22 500 cal comparable à $H_2 + O$

L'« ~~de~~ » continue ne peut s'expliquer
par une transformation chimique ordinaire.
Si on suppose une transform' interne, elle doit
être de nature plus profonde et être due à une
modification de l'état de radium lui-même.
Cependant cette transform' est, elle sera très lente.
Car en plusieurs années, les ppi de radium
n'éprouvent pas de variations notables.
Demarcay n'a observé aucune différence
dans le spectre d'un même échantillon
de Radium $\frac{1}{2}$ au cours d'intervalle. Pour avec
une hypothèse énergie extraordinaire, sans
9. On peut aussi supposer que le radium
utilise une énergie extérieure de nature inconnue

du radium qu'il est difficile d'expliquer. Au centre de deux
petites ampoules de verre renfermant, l'une un gramme
de chlorure de baryum ordinaire, et l'autre un gramme de
chlorure de baryum contenant environ un sixième de son
poids de chlorure de radium, sont placées respectivement
les deux soudures d'un couple thermo-électrique (fer-
constantan). Ce couple accuse un excès de température de
 $1^{\circ},5$ en faveur de la soudure emprisonnée dans le chlorure
actif. La mesure de la quantité de chaleur émise par le
chlorure de radium, — réalisée soit par la méthode de
substitution, soit par la méthode de fusion de la glace
(calorimètre Bunsen). — a montré que

au bout d'un mois. Si un sel de radium est dissous
dans l'eau et si la solution est enfermée dans un tube
scellé, la quantité de chaleur dégagée par la solution
est d'abord faible; le dégagement par heure tend à
devenir constant au bout d'un mois et le dégagement
est alors le même que celui dû au même sel à l'état
solide. Ces variations avec le temps font supposer
qu'une partie de la chaleur dégagée par le radium est
due à la destruction de l'émanation. On peut évaluer
la quantité de chaleur dégagée par le radium à diverses
températures, en l'utilisant pour faire bouillir un gaz
liquéfié et en mesurant le volume de gaz qui se dégage.
On peut faire l'expérience avec le chlorure de méthyle.
L'expérience a été faite aussi par M. le Professeur
Dewar et M. Curie avec l'oxygène et l'hydrogène liquides.
Lorsque l'on place une ampoule contenant 7 déci-
grammes de bromure de radium dans l'hydrogène
liquide, on a un dégagement continu de gaz hydro-
gène donnant 72 centimètres cubes de gaz par minute.
(Le bromure de radium était préparé depuis dix jours
seulement.) L'émanation du radium provoque la phos-
phorescence d'un grand nombre de corps. Le sulfure
de zinc phosphorescent donne les phénomènes lumi-
neux les plus intenses. M. Rutherford a montré que
l'émanation du radium se condense dans l'air liquide.

1047 ~~1047~~ 15 juillet 1907

M. P. Curie présente le *spinthariscopes* de W. Crookes (voir p. 744). — M. P. Curie a poursuivi ses expériences sur le dégagement de chaleur spontané du radium. On peut montrer l'existence de ce dégagement de chaleur par une expérience grossière, reproduite devant la Société, en se servant de thermomètres à mercure ordinaires. On utilise deux vases isolateurs thermiques identiques. Dans le premier, on place une ampoule en verre, contenant 7 décigrammes de bromure de radium pur, tout contre le réservoir d'un premier thermomètre à mercure. Dans le deuxième vase isolateur, on place un deuxième thermomètre identique au premier et une ampoule de verre contenant un sel de baryum. L'ouverture des isolateurs est fermée par du coton. Dans ces conditions, le thermomètre placé près du radium indique constamment une température de 3° supérieure à celle que marque le deuxième thermomètre. D'après les mesures faites au calorimètre de Bunsen, on constate qu'un sel de radium qui vient d'être préparé dégage une quantité de chaleur relativement faible. La chaleur dégagée en un temps donné augmente continuellement et tend vers une valeur déterminée qui ne semble pas encore tout à fait atteinte.

Recherches relatives au radium

N^{os} 101 & 102 du 1^{er} novembre 1903

Où y rend compte d'une monographie publiée récemment par la Société Royale de Londres, contenant 4 travaux relatifs au radium

M. et M^{me} Huggins ont tâché d'obtenir le spectre de la radiation lumineuse et spontanée qu'émet le radium à la température ordinaire. Un examen spectroscopique préliminaire de la luminescence du bromure de radium pur ayant donné un spectre plutôt indistinct, les auteurs se sont adressés à la photographie, en vue d'obtenir, si possible, l'image des spectres bleu, violet et ultra-violet de ce rayonnement. Finalement, avec une exposition de soixante-douze heures¹, ils ont réussi à obtenir un négatif, consistant en huit lignes brillantes et au moins autant de lignes indécises, combinées à une indication de spectre continu dans la région du bleu. Les sept lignes les plus brillantes, chose inattendue, correspondent, non pas seulement par leur position, mais encore par leur intensité relative et leur caractère général, à des bandes du spectre de l'azote. En même temps que la totalité des radiations ultraviolettes semble provenir de ce gaz. Les auteurs croient probable que des mesures ultérieures donneront des indications de l'hélium et même du radium.

MM. W. Ramsay et F. Soddy étudient la relation qui existe entre les émanations du radium et de l'hélium. En se basant sur leurs analyses spectrales, ils affirment que l'hélium accompagne toujours les émanations de radium. Il résulte, en effet, de ces expériences que les lignes caractéristiques sont identiques, quant à leur position, à celles d'un tube à hélium introduit en même temps dans le champ visuel. M. Ramsay et ses aides retirent les émanations à l'aide d'une pompe spéciale et les traitent comme ils feraient d'un gaz, les condensent dans un tube en U, entouré d'air liquide, et même les lavent au moyen d'un autre gaz, le passage de l'émanation d'un point à un autre pouvant être facilement suivi par l'œil dans une salle obscure. Dans les études qui complètent cette Monographie, l'influence de ces rayons sur les réactions chimiques est étudiée. Une solution de chlorophylle, introduite dans un tube de verre et disposée au-dessus d'une couche de bromure de baryum, a pris une coloration pourpre en dix heures à peu près, tandis qu'autrement elle restait inaltérée pendant plus de soixante heures. L'ensemble de ces recherches représente un progrès notable dans la connaissance de ces intéressantes radiations.

de Perville : 7^{al} de dév 17^{dec} 1903
M. Tappeiner (de Munich) a trouvé que les simples rayons fluorescents ou phosphorescents peuvent devenir comme les rayons X des agents thérapeutiques. Ainsi l'éosine, exerce sur les microbes une action très différente suivant qu'elle est à l'obscurité ou à la lumière: dans ce cas elle tue les infusoires, même à la dilution au millionième - Or l'éosine est fluorescente à la lumière.

La fluorescence exerce son influence aussi sur les ferments: peptine - ricine -

On a cherché à appliquer cette propriété au lupus, cancer en badigeonnant la région envahie fréquemment, par solution d'éosine à 5% et exposant au soleil: la nuit on recouvre d'un pansement opaque

M. le Dr King (américain) admet que c'est un cas rare de cette pyé qui est le résultat de quinquina pour guérir des fièvres paludéennes.
C'est parce que l'extrait de la blennorrhée) apparaît

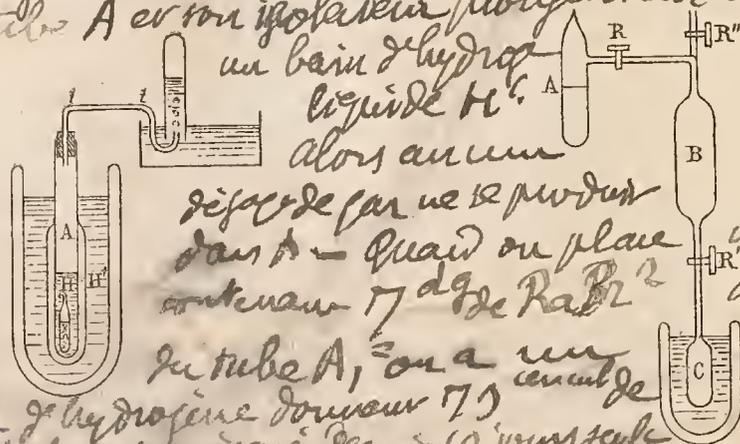
Novembre 3 juillet 1901

Sur le dégagement de chaleur spontané du radium. — M. CURIE a poursuivi ses expériences sur le dégagement de chaleur spontané du radium. On peut montrer l'existence de ce dégagement de chaleur par une expérience grossière reproduite devant la Société, en se servant de thermomètres à mercure ordinaires. On utilise deux vases isolateurs thermiques identiques. Dans le premier on place une ampoule en verre contenant 7^{dg} de bromure de radium pur et tout contre le réservoir d'un premier thermomètre à mercure. Dans le deuxième vase isolateur on place un deuxième thermomètre identique au premier et une ampoule de verre contenant un sel de baryum. L'ouverture des isolateurs est fermée par du coton. Dans ces conditions le thermomètre placé près du radium indique constamment une température de 3° supérieure à celle indiquée dans le deuxième thermomètre. D'après les mesures faites au calorimètre de Bunsen, on constate qu'un sel de radium qui vient d'être préparé dégage une quantité de chaleur relativement faible. La chaleur déagée en un temps donné augmente continuellement et tend vers une valeur déterminée qui ne semble pas encore tout à fait atteinte au bout d'un mois. Si un sel de radium est dissous dans l'eau et si la solution est enfermée dans un tube scellé, la quantité de chaleur déagée par la solution est d'abord faible ; le dégagement par heure tend à devenir constant au bout d'un mois et le dégagement est alors le même que celui dû au même sel à l'état solide. Ces variations avec le temps font supposer qu'une partie de la chaleur déagée par le radium est due à la destruction de l'émanation.

On peut évaluer la quantité de chaleur déagée par le radium à diverses températures, en l'utilisant pour faire bouillir un gaz liquéfié et en mesurant le volume de gaz qui se dégage. On peut faire l'expérience avec le chlorure de méthyle. L'expérience a été faite aussi par M. le professeur DEWAR et M. CURIE avec l'oxygène et l'hydrogène liquide. Ce dernier corps convient particulièrement bien pour réaliser l'expérience. Un tube A (fig. 1) (disposé avec isolateur calorifique à vide de Dewar) renferme un

peu d'hydrogène liquide H; un tube de déplacement B permet de recueillir les gaz qui peuvent se dégagez dans une éprouvette graduée remplie d'eau

le tube A et son isolateur plongent eux-mêmes dans un bain d'hydrogène liquide H'.



alors au lieu de gaz se produit dans A — Quand on plonge le tube A, on a un courant d'hydrogène sous le Pa H₂ et au Pa H₂ état préparé depuis 10 jours seulement

Novembre 3 juillet 1901

Production de la phosphorescence d'un grand nombre de corps par l'émanation du radium. — L'émanation du radium provoque la phosphorescence d'un grand nombre de corps. Le sulfure de zinc phosphorescent donne les phénomènes lumineux les plus intenses. M. RUTHERFORD a montré que l'émanation du radium se condense dans l'air liquide. M. CURIE fait devant la Société une expérience qui met en évidence ces deux phénomènes. Une solution de radium est située dans l'ampoule A (fig. 2), au-dessus de la solution se trouve de l'air qui se charge d'émanation. Les réservoirs B et C dans lesquels on a fait le vide communiquent entre eux par un tube de verre, les parois internes de ces deux réservoirs sont recouvertes d'une couche de sulfure de zinc phosphorescent. En ouvrant le robinet R, l'air activé de l'ampoule A est aspiré brusquement dans les réservoirs B et C où il y a le vide. Sous l'action de l'émanation du radium le sulfure de zinc de B et de C s'illumine instantanément. On montre ensuite la condensation dans l'air liquide. Pour cela on commence par fermer le robinet R qui établit la communication entre les réservoirs B et C et le radium, puis on plonge le réservoir C dans l'air liquide. Au bout d'une demi-heure toute l'émanation de B et de C s'est condensée en C et le réservoir B a perdu toute sa luminosité. En coupant la communication entre B et C au moyen d'un robinet R' et en laissant le réservoir C revenir à la température ambiante, le sulfure de zinc du réservoir C qui contient alors toute l'émanation devient très brillant. (Dans l'air liquide le sulfure de zinc en C est moins brillant, parce qu'à cette température il perd une partie de ses propriétés phosphorescentes.)

Voy de l'importance de l'activité induite
 par le radium après chauffage des corps actifs
 Curie et Danne CR ^{14^{er}} 21 mars 1904
 très remarquable étude
 Néanmoins j'admets plusieurs substances distillées
 ayant chacune sa loi

Confirmation des exps
 Ramsay & Soddy
 Phil. Mag. Jan 1906
 n° 164 - la durée
 moyenne de la vie de
 l'atome de radium
 = onze cents ans
 car un gramme de
 bromure de radium
 dégage 22 millions de
 hélium par an / ^{car pour}
 ou un gr d'atome ^{de radium}
 & radium = 22 (Curie) ^{le p-est à 160}
 celui de l'émanation: 160
 si l'on considère
 la proportion du
 radium qui se
 transforme par une
 année et de
 un milliard seulement
 donc la vie moyenne
 de l'atome de radium = mille ans
 d'après Curie & Perrier
 le chlore émise par un centaine
 d'émanation 3 600 000 fois
 plus pde que celle émise par
 l'explor. & même vol de H₂ + O

Ramsay CR 6 juin 1904
 Emanation du radium (exradio)
 ses ppi et ses changements.
 On fait du poids d'eau 0,070 de bromure de radium
 et on le met dans 2 ampoules en verre reliées à la
 pompe à mercure. On se br bromure de l'eau
 lentement de sorte que chaque semaine avec le vide
 on a 8 à 10 centimètres d'ég (H₂ + O) avec excès d'hydrogène
 et retour au vide complet.
 En même temps une certaine qte d'émanation
 est mêlée à ce gaz: elle permet de voir l'hélium à une montre
 on introduit le gaz versé P₂O₅ dans une sorte
 d'endurance - on fait détoner...
 (On condense l'émanation dans ampoule refroidie
 avec d'air liquide: l'atome de H₂ + O
 Finalement on enlève l'hydrogène avec la pompe à mercure
 on enlève l'air liq^e, l'émanation se sépare
 à l'état gazeux - l'air sans activité diminue
 mais de jour en jour le cur diminue de volume
 peu à peu la luminosité diminue:
 de cur restant donne le spectre d'hélium
 ainsi l'émanation (exradio) se change en hélium
 à un point.

24. *F. Giesel. Über einen einfachen Nachweis von Helium aus Radiumbromid* (Chem. Ber. 38, S. 2299—2300. 1905; Chem. News 92, S. 97. 1905). — Zwei Geisslersche Röhren mit Aluminiumelektroden wurden unter *Vermeidung von Wasser* direkt mit je 50 mg wasserfreiem Radiumbromid beschickt und möglichst vollkommen evakuiert, einmal um die Entstehung von Knallgas überhaupt zu verhindern und zweitens um zu erfahren, ob die Gegenwart von Wasser für die Bildung von Emanation und Helium von Bedeutung ist.

Die eine Röhre faßte ca. 5 ccm und enthielt in einem seitlichen Ansatz das entwässerte, aber nicht geschmolzen gewesene Salz. Die zweite Röhre faßte ca. 15 ccm; das Radiumsalz war an einen Platindraht angeschmolzen. In der ersten Röhre trat nach 2 Mon. die Heliumlinie D_3 , $\lambda = 587,6$ auf;

nach einem halben Jahr kamen hinzu $\lambda = 502$ und sehr schwach 495, 470, 446. Bei der zweiten Röhre war bis jetzt nur die D_3 -Linie sichtbar. Die Röhren können beliebig lange mit Induktionsstrom betrieben werden, ohne daß ein Nachlassen des Heliumspektrums bemerkbar wird. Der Gasraum der Röhren ist bedeutend weniger aktiv als das Knallgas aus Radiumlösungen; anscheinend wird die Emanation von dem entwässerten Salze stark zurückgehalten. H. Kffn.

de radium des eaux minérales

et de Bad-Gastein. Ce sont les plus actives. L'émanation qui s'en dégage possède toutes les propriétés de l'émanation du radium ; comme elle, son activité diminue de moitié après quatre jours. Les sédiments de ces eaux sont aussi radioactifs. L'atmosphère de la station est elle aussi légèrement radio-active (2).

L'émanation exerce une action thérapeutique évidente bien qu'elle ait été encore peu étudiée. Les eaux radioactives sont employées avec succès dans un but sédatif contre les douleurs articulaires subaiguës ou chroniques, contre les troubles des cardiopathes. On l'utilise aussi contre les affections du nez et du larynx, contre la tuberculose pulmonaire.

De son côté, M. E. Hamaide précisa les doses d'émanations des diverses sources de Plombières et montra tout le bénéfice que l'on retire de leur radioactivité (3), effets nerveux, effets sédatifs, effets immédiats, effets retardés, etc. Tout cela commence à être très intéressant, et tend à expliquer le mécanisme des cures dont la cause échappait jusqu'ici.

La radio-activité éclairée, en effet, certaines bizarreries d'action des eaux minérales qui restaient inexplicables jusqu'alors, notamment l'inactivité des eaux transportées et le manque de parallélisme entre l'effet thérapeutique de certaines sources et leur degré de minéralisation. Comment l'eau mise en bouteilles et transportée jouirait-elle des mêmes propriétés ? L'émanation radioactive se détruit après quatre jours et il n'en reste plus guère ensuite. L'eau, de vivante, devient morte, et il est clair qu'elle ne saurait plus être intégralement efficace. Et prochainement j'établirai qu'à peu près toutes les eaux, même beaucoup de nos eaux potables sont momentanément radioactives.

En ce qui concerne les eaux thermales, il n'est pas douteux que l'apport des émanations vient bien des profondeurs du globe. Le radium est partout dans les roches. On considère les gaz rares, l'hélium, le néon, l'argon, etc., comme une dégradation de l'émanation radifère. Il n'est donc pas surprenant que ces gaz se dégagent ainsi aux griffons des sources thermales et qu'on en trouve des traces dans l'atmosphère.

(2) M. Chiray a étudié les eaux d'Aix-la-Chapelle et de Luchon et précisé leur action ; M. Lemaitre celles de Bourbon-Lancy et Pougues, etc.

(3) De la radio-activité des eaux de Plombières, par le docteur E. Hamaide. Congrès de physiothérapie. Presse thermale. (Dobars 12 Dec 1907)

Recueil de mai 1906

M. Ch. MOUREU entretient la Société de ses recherches sur les gaz rares des sources thermales. Après avoir rappelé que divers auteurs (Lord Ragleigh et sir W. Ramsay, Bouchard et Proost, Moureu, Bouchard et Desgrez, Dewar, Moissan, Armand Gautier, etc...) ont déjà étudié à ce point de vue quelques mélanges gazeux naturels, M. Moureu montre comment cette question, principalement en ce qui touche l'hélium, se rattache au phénomène de la radio-activité; il décrit sommairement la technique de ses expériences, et expose ensuite les résultats généraux auxquels il est arrivé.

L'auteur a étudié 43 sources, appartenant à des régions diverses de la France et de l'étranger. Dans une première série d'expériences, il a dosé *en bloc* les gaz rares (argon, hélium, néon, crypton, xénon). Les teneurs observées sont très variables, mais elles suivent assez régulièrement les proportions d'azote. En général, la proportion globale des gaz rares est comprise entre 1 et 1.5 0/0 de celle de l'azote.

Certaines sources dépassent notablement cette moyenne; dans deux sources de Bourbon-Lancy, on a trouvé 2.8 et 2.9 0/0, et, à Maizières, la proportion globale des gaz rares atteint le chiffre exceptionnellement élevé de 6.35 0/0.

En ce qui concerne la nature même des gaz rares existant dans les sources thermales, M. Moureu, par le seul examen spectroscopique direct du mélange global, a reconnu la présence de l'argon dans 43 sources étudiées, et celle de l'hélium dans 39 sources. Il ne doute pas, d'ailleurs, de la présence de l'hélium dans toutes les

sources
le hélium & l'argon de radium ou de l'actinium
ces 2 corps doivent donc se trouver dans les sources

Deberme CR 25 juillet 1904
 sur le polonium - plomb radioactif, radiotellure
 Ces derniers annoncés par les allemands se
 confondent en réalité avec le polonium
 dont le rayonné est dû au Uranium thorium
 radium et actinium
 Deberme CR 1 oct 1904 à l'actinium (résumé des faits)

Von Reue des
 questions scientifiques
 20 juillet 1905
 R. Schaeffer
 à radioactivité

Rutherford et Soddy: N° 10 li juil 1904 p. 4
 Cause et nature de la radioactivité... (pour le thoirse)
 L'émanation doit être distinguée de la radioactivité
 Elle se comporte comme un gaz qui se fait et se perd
 rapidement et différemment
 Un tampon de coton arrête la radiation, mais
 non l'émanation - -

Berthelot ACP nov 1904: émanation, et radiation.
 L'iodeforme Tour en étant odorant perd en un an
 un peu moins de un centième de milligramme -
 Pour le muse c'est encore beaucoup moins.
 Pour faire attention à conclure à la diffusion d'un émanation
 chimique d'après le spectre.

Radio-thorium découvert par Ranssey 1902-1903.
 comme l'uranium actif, mais beaucoup plus énergique.
 Ranssey a constaté qu'il est volatil à l'état de gaz.

H. Becquerel CR 2ème série 1905 p. 87 Activation de
 l'uranium - rappelle ses expériences antérieures -
 le non d'usage entraîne de très petits du corps
 2000 u. 2000 fois plus actif que celle de l'oxyde d'uranium
 ordinaire.

Deberme CR 14 avr 1905 Helium produit par
 l'actinium -

M. Curie CR 29 juil 1906 - Diminution de la radioactivité
 du polonium avec le temps - (loi exponentielle)

Rutherford rejette le radium comme un composé
 d'hélium extrêmement stable puisqu'il peut être séparé
 comme un élément - donne une couleur bleue
 Voir N° 10 de juil 1906 p. 1054 d'après la revue rose
 du 15 décembre 1906 où est un article de Vaniguy sur ce sujet

Kolowrat CR 19 avr 1907 - Dégazage de l'émanation
 de l'actinium, radium à divers temps
 M. Curie CR 19 avr 1908 Radioactivité, Radium

Ramsay C R août 1908
à Cherbourg sept 1907 - - -

En présence de l'émanation, le cuivre d'une solution
éprouve une dégradation en éléments de la même
famille et de poids atomique inférieur $15 - Na$ etc

M^{me} Curie et M^{lle} Gleditsch CR 10 août 1908
action de l'émanation du radium sur les solutions
de sels de platine - appuie platine
ne trouvent aucunement de l'iodure

M^{me} Curie : brouillards formés par la condensation de la
vapeur d'eau en présence de l'émanation du radium
CR sept 1907 et 17 août 1908

Kerabium CR 12 juillet 1909. Les rayons pénétrants
1 radium donne avec de l'eau de l'eau oxygénée et
l'hydrogène

M^{lle} Gleditsch CR 26 juillet 1909. rapport entre
l'uranium et le radium et la monnaie radioactive

Werteurstein CR 26 juillet 1909 avec le pesantier sur
l'action induite du radium

Merschmichel CR 26 juillet 1909
pesage d'émanations de radium & ces vols
retardés ou accélérés par l'air, l'eau, l'acide
ou divers corps

il se réserve de reve-

CR 16 juillet 1910 et CR 24 juin 1910

M. A. GAUTIER donne lecture d'une lettre de M. Ramsay dans laquelle ce dernier annonce qu'il a pu déterminer la densité de l'émanation en opérant sur 0,1 mm³ de gaz et avec une balance permettant de peser le demi-millionième de milligramme. De cette densité, M. Ramsay a pu déduire le poids atomique 224; il en résulterait que le radium (p. at. 228) serait composé d'un atome d'hélium (p. at. 4) uni à un atome d'émanation.

même résultat
qu'il y a eu non
un tel phénomène

Duane CR 1 juil 1909 chaleur par vol phosphoreux

Duane CR 1 avr 1910 de chaleur par un mélange
radium & d'air phosphoreux

Dr. Duane CR 16 avr 1910 = énergie des rayons
du radium -
3 mesures différentes - principes thermiques différents à l'air
et calorim. semble être de CR de 1 & 21 juin 1909

andré Curie

Curie CR 5 septembre 1910 -
le radium métallique

méthode utilisée par Curie pour le baryum $\sigma^2 106$ de
on prépare l'amalgame électrolyse de R & Curie
l'amalgame recouvert sur une nouvelle feuille de tube
de quartz: on fait le vide: on distille & l'air passe par un
hydrique purifié & par un tube de platine chauffé
le métal s'altère rapidement à l'air, produit son oxyde
de l'eau énergiquement -

Kolowrat CR 3 sept 1910 rayons β du radium à
un minimum d'activité -

Merschmichel CR 24 juil 1911 / Labr Curie
use la hauteur de vols de thorium & carbone pour
= l'émanation
CR 7 avr 1911 - Ramsay persiste sur cette affirmation

Étalon international de radium. — Le *Temps* (1^{er} avril) a publié le communiqué suivant de la commission qui vient de terminer ses travaux au laboratoire de M. Lippmann, à la Sorbonne, et non au laboratoire de M^{me} Curie ; il importait, en effet, d'éviter les radioactivités induites qui existent dans ce laboratoire, depuis qu'on y manipule des matières radioactives.

« La commission internationale de l'étalon de radium s'est réunie à Paris du 25 au 29 mars 1912. Sept membres sur dix étaient présents.

L'étalon de radium, préparé par M^{me} Curie, consiste en un tube de verre contenant 22 milligrammes de chlorure de radium pur ; il a été comparé par deux méthodes différentes, en utilisant les rayons γ , avec 3 préparations de chlorure de radium pur contenant respectivement 10 milligr., 31 milligr. et 40 milligr., obtenues par M. Hœnigschmidt avec le radium de l'Académie des sciences d'Autriche déposé à l'Institut du radium de Vienne.

Ces étalons, préparés d'une manière entièrement indépendante, sont complètement d'accord entre eux.

La commission a décidé d'accepter définitivement l'étalon de M^{me} Curie comme étalon international. Elle demandera au Bureau international des poids et mesures à Sèvres de bien vouloir le conserver dans les meilleures conditions de sécurité.

L'étalon autrichien de 31 milligrammes sera consi-

deré comme étalon de réserve

(Rev. N^o 6 avril 1912)

M
11

note sur les corps radio-actifs - m. m. Curie

CR 13 janv 1902 -

on n'observe au bout de 4 mois aucune variation de poids des substances radioactives en aucune circonstance de l'état du spectre

CR 17 fev 1902 - Conductibilité des diélectriques liquides sous l'influence des rayons du radium et du thorium

Usage fait sur les liq^s (CS² - benzène - éther de poids -) en leur communication certaine conductibilité électrique

- de rayons du radium ne varie pas avec la température et conserve même la même valeur à la température de l'air liquide

CR 21 avr 1902 - Transformation - absorption de la radio-activité par les liquides - (CS² - benzène - alcool - eau -)

CR 21 juillet 1902 - (W^g) de radium, considéré comme bi-valent à son poids atomique 225

(dérivé - pentavalent de O² - 1 du chlorure pur, lequel au hydrolyse spontanément lumineux)

de radium et homologues supérieurs de Ba.

Il est classé - Mendeleef et se place de la colonne des alcalino-terreux entre le calcium et le thorium et l'uranium

CR 17 nov 1902 - sur la constante de temps caractéristique

à la disparition de la radio-activité induite par le radium

sur une expérience fermée

Rapports sur recherches sur le bismuth CR V. 132
V. 133

Blondlot CR 29 déc 1902 et même 2 janv 1903

pages 666-721. vitesse avec laquelle les rayons X se propagent dans l'air et dans différents milieux

celle-ci est en réalité égale à celle de la lumière dans l'air et ailleurs on sait qu'ils n'ont pas de réfraction

m^{re} Curie: thèse sur les corps radioactifs ACP sept 1903

Berthelot ACP mars 1902 Réaction de l'air et le radium

